

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRÍCOLA**



**“DETERMINACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION REAL
Y COEFICIENTE DEL CULTIVO (K_c) DE PIMIENTO
MORRON EN LA IRRIGACION MAJES”**

TESIS

**PRESENTADA POR LA BACHILLER:
NANCY CHURASACARI VILCA**

**PARA OPTAR EL TITULO DE:
INGENIERO AGRÍCOLA**

PUNO – PERÚ

2012

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRÍCOLA**

**“DETERMINACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION REAL Y COEFICIENTE
DEL CULTIVO (Kc) DE PIMIENTO MORRON EN LA IRRIGACION MAJES”**

TESIS

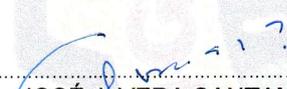
PRESENTADA POR LA BACHILLER:

NANCY CHURASACARI VILCA

**PRESENTADO A LA COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA AGRÍCOLA, COMO REQUISITO PARA
OPTAR EL TÍTULO DE:**

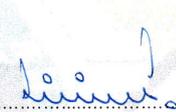
INGENIERO AGRÍCOLA

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:


.....
Dr. JOSÉ J. VERA SANTAMARÍA
PRESIDENTE DEL JURADO

.....
MSC AUSBERTO MILLONES CHAFLOQUE
1^{er} MIEMBRO DEL JURADO


.....
ING. ESTEBAN M. VILCA PÉREZ
2^{do} MIEMBRO DEL JURADO


.....
ING. TEÓFILO CHIRINOS ORTIZ
DIRECTOR DE TESIS


.....
ING. URIEL HUANCA QUIROZ
ASESOR


.....
ING. GERMAN BELIZARIO QUISPE
ASESOR

PUNO – PERÚ

2012

**ÁREA : Ingeniería y Tecnología
TEMA: Gestión de sistema de riego
LÍNEA: Recursos Hídricos**

DEDICATORIA

A Dios la razón de mi vivir, autor de mi salvación Jesucristo y mi ángel de la guarda, mi padre Jorge Churasacari Mullaya. que siempre llenan de felicidad mi entorno y me inspiran valor para seguir adelante en esta vida profesional.

Con profundo cariño y agradecimiento a mi querida madrecita Margarita Vilca de Vda de Churasacari quien con su sacrificada esfuerzo e valorable labor hizo posible que alcance la concretización de mi deseo de ser profesional y por ser mi alegría de mi vida.

AGRADECIMIENTO

- ✓ *A Dios, toda mi gratitud a quien ha permitido cada paso de superación en mi vida por darle paz a mi alma con la serenidad y tranquilidad, a él le debo lo que soy y lo que tengo.*
- ✓ *En gratitud a la labor que cumple nuestra Alma Mater Universidad Nacional del Altiplano, y a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola por habernos brindado conocimientos y nos formarnos como futuros profesionales.*
- ✓ *Al Proyecto Especial Majes Siguan, al Ing. Alfredo Muñiz Miroquezada, por brindarme el apoyo necesario para la elaboración de la presente investigación.*
- ✓ *Al director de tesis Ing. Teófilo Chirinos Ortiz, y asesores Ing. Uriel Huanca Quiroz y Ing. Germán Belisario Quispe, por su buena dirección y su aporte intelectual en la culminación de la presente tesis.*
- ✓ *A mis jurados los Ingenieros: José Vera Santamaría, Audberto Millones Chaffloque y Moisés Vilca Pérez, por sus buenas orientaciones en la presente tesis.*
- ✓ *A los Ingenieros de la empresa exportadora Consorcio Perú – Murcia, Ing. Abdel Llica Puma, Stugar Farayasi Bautista y Alfredo Aza Yucra, por los asesoramientos y moral para mi graduación en el presente trabajo.*
- ✓ *A todos los que de manera directa e indirecta contribuyeron en la elaboración de la presente tesis.*

CONTENIDO

| | |
|--|----------|
| Dedicatoria..... | i |
| Agradecimiento | ii |
| I. INTRODUCCION | 1 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 1 |
| 1.2. ANTECEDENTES | 2 |
| 1.3. JUSTIFICACION | 3 |
| 1.4. OBJETIVOS..... | 4 |
| 1.4.1. Objetivo General | 4 |
| 1.4.2. Objetivo específico | 4 |
| II. REVISION LITERATUTRA | 5 |
| 2.1 CULTIVO PIMIENTO MORRON VARIEDAD CIERZO | 5 |
| 2.1.1 Origen | 5 |
| 2.1.2 Clasificación taxonómica..... | 5 |
| 2.1.3 Morfología de la planta..... | 5 |
| 2.1.4 Etapas fenológicas de desarrollo del cultivo | 7 |
| 2.1.4.1 Germinación y emergencia | 7 |
| 2.1.4.2 Crecimiento de la plántula..... | 7 |
| 2.1.4.3 Crecimiento vegetativo rápido..... | 8 |
| 2.1.4.4 Floración y fructificación..... | 8 |
| 2.1.5 Requerimiento edafo-climático..... | 9 |
| 2.1.6 Fitopatología del cultivo..... | 11 |
| 2.1.6.1 Asfixia radicular..... | 11 |
| 2.1.6.2 Podredumbre basal..... | 12 |
| 2.1.7 Manejo del cultivo..... | 12 |
| 2.1.7.1 Preparación del terreno..... | 12 |
| 2.1.7.2 Siembra directa o transplante | 12 |
| 2.1.7.3 Marco de plantación..... | 13 |
| 2.1.7.4 Entutorado..... | 13 |
| 2.1.7.5 Aclareo de frutos | 13 |
| 2.1.7.6 Fertilización | 13 |
| 2.2 NECESIDADES DE AGUA EN LOS CULTIVOS..... | 14 |

| | |
|---|-----------|
| 2.2.1 Definición | 14 |
| 2.2.2 Evapotranspiración (ET)..... | 14 |
| 2.2.3 Evapotranspiración real o actual “ETc” | 23 |
| 2.2.4 Evapotranspiración potencial (ETo) | 27 |
| 2.2.5 Coeficiente de cultivo “Kc” | 35 |
| 2.3 RELACION: SUELO – AGUA – PLANTA | 39 |
| 2.3.1 Relaciones suelo – agua | 39 |
| 2.3.2 Relaciones agua – planta..... | 40 |
| 2.4 BALANCE HIDRICO | 40 |
| 2.5 ESTADO DE AGUA EN EL SUELO | 40 |
| 2.5.1 Saturación | 41 |
| 2.5.2 Capacidad de campo (Cc)..... | 42 |
| 2.5.3 Punto de marchitez permanente “PMP” | 43 |
| 2.5.4 Determinación de punto marchitez permanente..... | 45 |
| 2.5.5 Humedad aprovechable total “HAT” | 45 |
| 2.6 UTILIZACION DE AGUA EN EL SUELO..... | 46 |
| 2.7 CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO..... | 46 |
| 2.7.1 Conductividad eléctrica (CE)..... | 47 |
| 2.7.2 Sodio “SAR” | 48 |
| 2.8 PRECIPITACION EFECTIVA (Pe) | 50 |
| 2.9 NECESIDADES DE NETAS DE LOS CULTIVOS | 50 |
| III. MATERIALES Y METODOS..... | 52 |
| 3.1. LOCALIZACION DEL CAMPO EXPERIMENTAL..... | 52 |
| 3.2. MATERIALES Y EQUIPOS DE INVESTIGACION | 53 |
| 3.2.1. Lisímetros..... | 53 |
| 3.2.1.1. Características de fabricación e instalación de lisímetro..... | 53 |
| 3.2.1.2. Características de depósito para aplicación de agua..... | 54 |
| 3.2.1.3. Características de depósito para drenaje de agua..... | 54 |
| 3.2.2. Tanque de evaporación clase “A”..... | 55 |
| 3.2.3. Estación agroclimática | 55 |
| 3.2.4. Fertilizantes y insumos agrícolas | 56 |
| 3.2.5. Especie cultivada | 56 |
| 3.3. PROCESO METODOLÓGICO..... | 57 |

| | |
|---|------------|
| 3.3.1. ETAPA I: Acciones previas | 57 |
| 3.3.2. ETAPA II: Conducción experimental y toma de datos | 61 |
| 3.3.3. ETAPA III: Procesamiento de datos de investigación | 64 |
| 3.3.4. Necesidades netas de cultivo | 68 |
| 3.3.5. Volumen de agua consumida por pimiento morrón | 69 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES | 70 |
| 4.1. ETAPA I: ACCIONES PREVIAS | 70 |
| 4.1.1. Determinación de propiedades físico del suelo | 70 |
| 4.1.2. Análisis físico - químico del suelo | 72 |
| 4.1.3. Análisis físico químico de agua para riego | 72 |
| 4.1.4. Calibración de lisímetro | 73 |
| 4.2. ETAPA II: DE CONDUCCION EXPERIMENTAL Y TOMA DE DATOS | 74 |
| 4.2.1. Evaluaciones fenológicos del cultivo pimiento | 74 |
| 4.2.2. Altura de planta durante el periodo del cultivo | 75 |
| 4.2.3. Diámetro foliar de la planta | 77 |
| 4.2.4. Área sombrada de la planta | 78 |
| 4.2.5. Rendimiento obtenido en la cosecha | 79 |
| 4.3. ETAPA III: DE PROCESAMIENTO DE DATOS DE INVESTIGACION | 80 |
| 4.3.1. Evapotranspiracion real del cultivo por método directo | 80 |
| 4.3.2. Evapotranspiracion potencial por tres métodos | 82 |
| 4.3.3. Coeficiente "Kc" de cultivo pimiento morrón - cierzo | 89 |
| 4.3.4. Necesidades netas de cultivo | 92 |
| 4.3.5. Volumen de agua utilizado para pimiento morrón | 93 |
| V. CONCLUSIONES RECOMENDACIONES | 95 |
| 5.1. CONCLUSIONES | 95 |
| 5.2. RECOMENDACIONES | 95 |
| VI. REFERENCIA BIBLIOGRAFIA | 96 |
| VII. ANEXOS | 98 |
| VIII. PANEL FOTOGRAFICO | 123 |
| IX. PLANOS DE DISEÑO DE LOS LISIMETROS | 133 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 2.1: Evapotranspiración de una planta..... | 15 |
| Figura 2.2: Evapotranspiración del cultivo “ETc”..... | 24 |
| Figura 2.3: Evapotranspiración del cultivo de referencia “ETo”..... | 30 |
| Figura 2.4: Especificaciones del tanque clase “A”..... | 32 |
| Figura 2.5: Dos casos de localización del tanque de evaporación..... | 33 |
| Figura 2.6: Evolución del Kc en función del estado de desarrollo..... | 38 |
| Figura 2.7: Secuencia de crecimiento y etapas fenológicas de pimiento..... | 39 |
| Figura 2.8: Suelo en estado de saturación..... | 42 |
| Figura 2.9: Suelo en estado de capacidad de campo..... | 42 |
| Figura 2.10: Suelo en estado de punto de marchitez..... | 44 |
| Figura 3.1: Localización de la Irrigación Majes Siguas..... | 52 |
| Figura 3.2: Localización del Centro de Investigación..... | 53 |
| Figura 3.3: Toma de datos de agua aplicado y drenado en lisímetro..... | 65 |
| Figura 3.4: Balance hídrico en lisímetro de drenaje..... | 66 |

INDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 2.1: Ciclo vegetativo del pimiento..... | 09 |
| Cuadro 2.2: Temperaturas críticas para pimiento en las distintas fases..... | 09 |
| Cuadro 2.3: Valores de Kc de planta de pimiento libre enfermedades..... | 37 |
| Cuadro 2.4: Suelo en estado de capacidad de campo..... | 43 |
| Cuadro 3.1: Análisis de fertilidad del suelo experimental..... | 56 |
| Cuadro 3.2: Información de evaluación de plántulas..... | 57 |
| Cuadro 4.1: Resultado de capacidad de campo del suelo..... | 70 |
| Cuadro 4.2: Análisis de fertilidad de suelo de investigación..... | 72 |
| Cuadro 4.3: Análisis físico – químico de agua de riego..... | 73 |
| Cuadro 4.4: Duración de fases fenológicas de cultivo..... | 74 |
| Cuadro 4.5: Altura de planta por fases fenológicas de pimiento..... | 75 |
| Cuadro 4.6: Diámetro de área foliar de planta por semana..... | 77 |
| Cuadro 4.7: Porcentaje de cobertura vegetal..... | 78 |
| Cuadro 4.8: Producción y rendimiento del fruto en investigación..... | 79 |
| Cuadro 4.9: ETc por método directo o lisímetro según fase vegetativa..... | 80 |

| | |
|---|----|
| Cuadro 4.10: Resumen de evapotranspiración potencial por tres métodos..... | 83 |
| Cuadro 4.11: Resumen de ETo por método de lisímetro | 84 |
| Cuadro 4.12: Resumen de ETo, por tanque de evaporación clase “A” | 86 |
| Cuadro 4.13: Resumen de ETo por semana, por estación agroclimática | 88 |
| Cuadro 4.14: Coeficiente de Kc real de pimiento en función al ETo pasto | 90 |
| Cuadro 4.15: Necesidades netas de cultivo para Irrigación Majes..... | 92 |
| Cuadro 4.16: Comparación de volúmen de agua actual e Irrigación Majes | 93 |

INDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 4.1: Porcentaje de capacidad de campo – Método Gravimétrico. | 71 |
| Gráfico 4.2: Comportamiento de altura de la planta según fase fenológica. | 76 |
| Gráfico 4.3: Comportamiento del diámetro de planta por fase fenológica..... | 77 |
| Gráfico 4.4: Comportamiento de ETc diaria | 82 |
| Gráfico 4.5: Evapotranspiración potencial determinado por tres métodos | 83 |
| Gráfico 4.6: Evapotranspiración potencial diaria - Método directo | 85 |
| Gráfico 4.7: Comportamiento de “ETo diaria” por método tanque “A” | 87 |
| Gráfico 4.8: Evapotranspiración potencial diaria, de estación agroclimática..... | 89 |
| Gráfico 4.9: Coeficiente Kc real de pimiento en función al “ETo” pasto | 91 |
| Gráfico 4.10: Consumo de volúmenes de agua de actual e Irrigación Majes ... | 94 |

INDICE DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| Anexo A.1: Calibración de los depósitos de alimentador y drenaje..... | 98 |
| Anexo A.2: Datos de evapotranspiración real y coeficiente de cultivo diaria .. | 100 |
| Anexo A.3: Datos de evapotranspiración potencial diaria por lisímetro | 106 |
| Anexo A.4: Evapotranspiración potencial diaria por método tanque “A” | 112 |
| Anexo A.5: Evapotranspiración potencial diaria, de estación agroclimática.... | 115 |
| Anexo A.6: Evapotranspiración potencial semanal por tres métodos | 118 |
| Anexo A.7: Resumen de agua consumida por el cultivo pimiento..... | 118 |
| Anexo A.8: Factor de tanque, para diferentes cubetas | 119 |
| Anexo A.9: Programa de fertilización para Pimiento morrón..... | 119 |
| Anexo A.10: Compatibilidad de fertilizantes para Pimiento morrón..... | 120 |
| Anexo A.11: Rendimiento obtenido en el Consorcio Perú - Murcia..... | 120 |

| | |
|--|-----|
| Anexo A.12: Análisis físico – químico del suelo | 121 |
| Anexo A.12: Análisis físico – químico de agua para riego | 122 |

INDICE DEL PANEL FOTOGRÁFICO

| | |
|--|-----|
| Foto 01: Instalación y diseño de lisímetro | 123 |
| Foto 04: Area de investigación del lisímetro | 124 |
| Foto 07: Agredado de materia orgánica en lisímetro | 125 |
| Foto 11: Estufa para determinar la capacidad de campo del suelo..... | 126 |
| Foto 12: Mufla para realizarel secado de suelo..... | 126 |
| Foto 14: Instalación de cinta de riego por goteo | 127 |
| Foto 25: Cosecha del pimiento morrón en lisímetro | 131 |

INDICE DE PLANOS

| | |
|--|-----|
| Lamina 1 de 4: Detalle de distribución general | 134 |
| Lamina 1 de 4: Detalle de cortes de lisímetro y escalera..... | 135 |
| Lamina 2 de 4: Detalle isometrico de lisímetros..... | 136 |
| Lamina 3 de 4: Detalle de lisímetro y sus depósito de aplicación y drenaje ... | 137 |
| Lamina 4 de 4: Detalle isometricos del deposito aplicación y drenaje | 138 |

RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue realizado en Centro de Reconversión Agrícola del Proyecto Especial Majes – Sigwas AUTODEMA, durante la segunda campaña agrícola 2009 – 2010. Su ejecución se desarrolló con las estrategias del PEMS, con fines de mejorar la eficiencia de aplicación de agua y productividad de los cultivos de agro exportación en la Irrigación. Como problema tenemos la baja rentabilidad del Pimiento Morrón es evidente, debido a que la aplicación de agua, no es adecuada en su ciclo vegetativo, que favorece el desarrollo de *Phytophthora*, que afectan significativamente al rendimiento del cultivo. Y como objetivo determinar la evapotranspiración real del cultivo (ET_c), evapotranspiración potencial (ET_o) y el coeficiente del cultivo (K_c). Para calcular la evapotranspiración real del cultivo en forma diaria, fue por balance hídrico; así también, semanalmente se midió el área foliar durante 154 días, con el fines de establecer las fases fenológicas. Y para determinar la evapotranspiración potencial se instalaron, en 03 lisímetros de drenaje con pasto Ray Grass como cultivo de referencia, y estos fueron comparados con fines de control con los valores de ET_o de Tanque evaporación tipo “A” y de estación agroclimática, ubicados en el área de investigación. El K_c promedio se determinó con la siguiente relación $K_c = ET_c / ET_o$; propuesta por la FAO N° 56. Como resultado se tiene que la “ ET_c ” con 651.06 mm de lamina hídrica/campaña. Así, también el K_c inicial = 0.44, media temporada = 1.14 y final = 0.89. En base a los resultados concluimos, que actualmente se está usando mucha más agua que lo requerido, lo cual puede estar afectando no solo la eficiencia del sistema, sino también el rendimiento del cultivo.

I. INTRODUCCION

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La rentabilidad del los cultivos de agro exportación es evidente, pero podrían ser mayores, tal como es el caso del pimiento morrón. Este cultivo, se ha incorporado en la cédula de cultivos de la Irrigación Majes aproximadamente hace cinco años atrás, debido a las condiciones climáticas favorables de la zona y a su creciente demanda en el mercado internacional.

En vista de que dicho cultivo ha sido introducido hace poco en la zona, se aprecia una poca uniformidad en cuanto al rendimiento y calidad de la producción. Esto, según muchos especialistas, se debe al manejo agronómico, tipo de fertilizante y época de siembra del cultivo no es uniforme a nivel de los productores; así también, debido a que la aplicación del agua no es adecuada a lo largo de su ciclo vegetativo. Este último es un factor importante a tener en cuenta en la producción del Pimiento morrón, por cuanto el exceso de humedad del suelo en la zona radicular durante todo el ciclo vegetativo, que favorece al desarrollo de los hongos llamado *Phytophthora*, que afectan significativamente al rendimiento del cultivo.

En la Irrigación Majes, debido a que no se tienen datos del consumo real de agua del cultivo, tampoco del coeficiente de cultivo (K_c) para la determinación de las láminas de riego; los agricultores normalmente aplican láminas significativas de agua, estimadas por similitud con otros cultivos parecidos, a partir de los valores de K_c recomendado por la FAO. Esto conlleva a que se produzcan bajas eficiencias de aplicación, pérdidas significativas de

fertilizantes, alta contaminación de las aguas sub superficiales y riegos frecuentes debido a que el tipo de suelo predominante es de tipo arenoso.

Por lo indicado y debido a que se presume que el relativamente bajo rango de rendimientos alcanzados para el cultivo en la Irrigación Majes, con un promedio de 54 ton/ha, se debe principalmente a una inadecuada aplicación del agua durante su fase crítica, hay consenso entre los productores y los propios especialistas del Proyecto Especial Majes Sigvas I Etapa de que es necesario determinar la evapotranspiración real del cultivo por método directo. En ese sentido, las interrogantes que guían la presente investigación es:

- ¿Cuánto es la evapotranspiración real y el Coeficiente K_c del cultivo Pimiento morrón (*Capsicum annum*, variedad Cierzo), para la Irrigación Majes?

Para ello nos planteamos las siguientes preguntas específicas:

- ¿Cuánto será la evapotranspiración real del cultivo pimiento marrón.
- ¿Cuánto será la evapotranspiración del cultivo de referencia (E_{To}).
- ¿Cuál será el valor real del coeficiente de cultivo (K_c) según su etapa fenológica?

1.2. ANTECEDENTES

Espetia, (1979), realizó trabajo de investigación titulado “uso consuntivo de la avena (avena sativa L.), variedad negra de moyoncourt” en la área experimental de la Universidad Nacional del Altiplano Puno. Donde utilizó 04 lisímetros de drenaje para la determinación de evapotranspiración del cultivo durante su periodo vegetativo. Concluye que es importante la utilización de los

lisímetros para la determinación de la evapotranspiración real de un cultivo, porque el consumo de agua está en función directa de los factores climáticos propio de la zona de cultivo.

Chino, (2006), realizó el trabajo de investigación titulado “Determinación del coeficiente de cultivo por los métodos experimental y empírico” en el C.P. de Jaylluhuaya, departamento de Puno. Para determinar la evapotranspiración del cultivo de papa, utilizo lisímetro de drenaje. Donde sostiene que para garantizar los resultados se ha empleado el método directo del lisímetro. También hace referencia que la evapotranspiración del cultivo está en función de su periodo vegetativo.

Olivera, (2009), realizó el trabajo de investigación titulado “Determinación de Coeficientes de Cultivo (K_c) para la Alcachofa por el Método de Lisímetros de Drenaje en el Irrigación de Majes - Arequipa”. Ella utilizó 03 lisímetros de drenaje para la determinación de la evapotranspiración del cultivo de referencia, la misma que fue contrastada con fines control con los valores de evapotranspiración determinados con el tanque de evaporación de clase “A” y estación agroclimática. El K_c lo determinó a partir de los datos de campo de la Evapotranspiración real del cultivo y los de Evapotranspiración del cultivo de referencia correspondientes al período de la investigación.

1.3. JUSTIFICACION

El conocimiento de la evapotranspiración real nos permitirá dotar a las plantas en su periodo vegetativo, la cantidad real de agua requerida para su desarrollo. Esto permitirá un mejor aprovechamiento del recurso hídrico en la Irrigación Majes.

El coeficiente del cultivo Pimiento morrón, permitirá estimar de manera correcta los requerimientos de agua y mejorar las eficiencias de aplicación del riego de dicho cultivo.

La cantidad de agua real requerida incidirá en la mejora del rendimiento y calidad del cultivo, porque se puede controlar el nivel de humedad de la zona radicular durante todo el ciclo vegetativo, debido a la alta sensibilidad de éste al exceso de humedad del suelo.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Determinar la evapotranspiración y coeficiente real del cultivo pimiento morrón (*Capsicum annum*. Variedad Cierzo.) transplantado a los 30 después de germinación, en la Irrigación Majes.

1.4.2. Objetivo específico

- Establecer la evapotranspiración real del cultivo pimiento morrón (*Capsicum annum* variedad Cierzo) por el método de drenaje.
- Definir el método y el valor de la evapotranspiración potencial.
- Obtener el coeficiente (K_c) de cultivo para pimiento morrón según su etapa fenológica.

II. REVISION LITERATUTRA

2.1 CULTIVO PIMIENTO MORRON VARIEDAD CIERZO

2.1.1 Origen

Maroto (2002), señala que el pimiento (*Capsicum annum*) es una planta herbácea, cuyo origen botánico cabe centrarlo en América del Sur, concretamente el área de Perú - Bolivia, desde donde se expandió al resto de América Central y Meridional.

2.1.2 Clasificación taxonómica

Casseres, (1971), manifiesta que pimiento pertenece a la familia solanácea y su nombre científico más generalizada es el de *Capsicum annum* L. Algunos autores, como Bailey (1977), sólo reconocen una especie (*Capsicum annum*), que engloba toda la variabilidad genética existente.

- Reino: Vegetal
- Subreino: Fanerógama
- Clase: Monocotiledóneo
- Familia: Solanáceas.
- Nombre Científico: *Capsicum annum* L.
- Género: *Capsicum* sp.
- Especie: *annum* L.
- Nombre Común: Pimentón

2.1.3 Morfología de la planta

Manual de ECFA – MISTI, (s.f.), define las formas y características morfológicas de pimiento morrón de la siguiente manera:

a) La planta

Es una planta cultivada desde muy antiguo por los indios Americanos de Colón, encontró en su primer viaje y llevó a España en 1493, extendiéndose a lo largo del siglo XVI por otros países de Europa, Asia y África.

b) El sistema radicular

Es pivotante y profundo que puede llegar hasta 70 a 120 cm, provisto y reforzado de un número elevado de raíces adventicias.

Pivotante y profundo (dependiendo de la profundidad y textura del suelo), con numerosas raíces adventicias que horizontalmente pueden alcanzar una longitud comprendida entre 50 centímetros y 1 m, (18).

c) El tallo principal

Es limitado y erecto con un aporte que en términos medio puede variar entre 0,5 y 1,5 m. cuando la planta adquiere una cierta edad, los tallos se lignifican ligeramente.

d) Las hojas

Son lampiñas, enteras, ovaladas y lanceoladas con un ápice muy pronunciado (acuminado) y un peciolo largo o poco aparente.

e) Las flores

Poseen la corola blanquecina, aparecen solitarias en cada nudo y son de inserción aparentemente axilar. Su fecundación es claramente autógena, no superando el porcentaje de anomalía el 10 por 100.

f) El fruto

Es una baya semicartilaginosa y de color rojo o amarillos cuando está maduro, que se puede insertar pendular, de forma y tamaño muy variable. Las semillas, redondeadas y ligeramente reniforme, suelen tener 3 a 5 mm de longitud, se insertan sobre una placenta cónica de disposición central y de color amarillo pálido.

2.1.4 Etapas fenológicas de desarrollo del cultivo

Manual de ECFA – MISTI, (s.f.), dice que el ciclo o fases vegetativos del cultivo del pimiento pueden delimitarse claramente en los siguientes ítems que se presenta a continuación:

2.1.4.1 Germinación y emergencia

Es el período de preemergencia varía entre 8 a 12 días, y es más rápido cuando la temperatura es mayor durante el período entre la germinación y la germinación de la semilla emerge primeramente una raíz pivotante y las hojas, luego el crecimiento de la parte aérea procede muy lentamente, mientras que se desarrolla la raíz pivotante. Casi cualquier daño que ocurra durante este período tiene consecuencias letales y es la etapa en la que se presenta la mortalidad máxima.

2.1.4.2 Crecimiento de la plántula

Es el desarrollo de las hojas, inicia el crecimiento de las hojas verdaderas, que son alternas y más pequeñas que las hojas de una planta adulta. De aquí en adelante, se detecta un crecimiento lento de la parte aérea, mientras la planta sigue desarrollando el sistema radicular, es decir, alargando

y profundizando la raíz pivotante y empezando a producir algunas raíces secundarias laterales.

2.1.4.3 Crecimiento vegetativo rápido

Es a partir de la producción de la sexta a la octava hoja, la tasa de crecimiento del sistema radicular se reduce gradualmente; en cambio la del follaje y de los tallos se incrementa, las hojas alcanzan el máximo tamaño, después que el brote ha terminado por una flor (botón floral). Y conforme que la planta crece, ambas ramas se sub ramifican (después que el crecimiento del brote ha producido un número específico de órganos florales, vuelve a iniciarse una continuación vegetativa del proceso. En este período la planta puede tolerar niveles moderados de foliación. La tolerancia se incrementa a medida que la planta crece y siempre, que no haya otros factores limitantes la pérdida de follaje se compensan rápidamente.

2.1.4.4 Floración y fructificación

Se define que al iniciar la etapa de floración, en la mayoría de las ramas, aunque debido al tipo de ramificación de la planta, parece que fueran producidas en pares en las axilas de las hojas superiores. Cuando los primeros frutos empiezan a madurar, se inicia una nueva fase de crecimiento vegetativo y de producción de flores. De esta manera, el cultivo de pimiento tiene ciclos de producción de frutos que se traslapan con los siguientes ciclos de floración y crecimiento vegetativo. Este patrón de fructificación da origen a frutos con distintos grados de madurez en las plantas, lo que usualmente permite cosechas semanales, dependiendo del manejo que se dé al cultivo.

Cuadro 2.1: Ciclo vegetativo del pimiento

| Fases | Fase Vegetativo | | | | Fase Productiva | | | Fase Maduración |
|--------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|
| Etapas | A ₀ | A ₁ | A ₂ | A ₃ | A ₄ | A ₅ | A ₆ | A ₇ |
| Días | 0 | 10 - 12 | 18 - 35 | 35 - 45 | 45 - 50 | 50 - 65 | 65 - 110 | 110 - 180 |

Fuente: Manual de ECFA – MISTI, (s.f.),

Donde:

A0 = Germinación

A1 = Emergencia

A2 = Brotamiento

A3 = Botoneo

A4 = Floración

A5 = Cuajado

A6 = Fructificación

A7 = Maduración

2.1.5 Requerimiento edafo-climático

2.1.5.1 Temperatura

Manual de ECFA – MISTI, (s.f.), indica que la temperatura para el pimiento se tiene una exigencia en temperaturas. El mismo autor precisa que su desarrollo óptimo de estas hortalizas se logra cuando las temperaturas diurnas de 16 °C a 25 °C. Noto (1984) señala que la temperatura por debajo de 10 °C durante la floración, el fructificación, los frutos es de pequeño tamaño y sin semillas.

Cuadro 2.2: Temperaturas críticas para pimiento según fases de desarrollo

| FASES DEL CULTIVO | TEMPERATURA (°C) | | |
|----------------------------|---------------------------|--------|--------|
| | óptima | mínima | máxima |
| Germinación | 20-25 | 13 | 40 |
| Crecimiento vegetativo | 20-25 (día) 16-18 (noche) | 15 | 32 |
| Floración y fructificación | 26-28 (día) 18-20 (noche) | 18 | 35 |

Fuente: (20).

2.1.5.2 Humedad relativa

Maroto (2002), menciona que la humedad relativa óptima se encuentran entre el 50 a 70%. En este sentido, Thompson y Kelly (1957), indican que el pimiento es muy sensible a las condiciones de baja humedad y alta temperatura, provocan en él una excesiva transpiración, que se manifiesta en la caída de flores y frutos.

2.1.5.3 Luminosidad

Es una planta muy exigente en luminosidad, sobre todo en los primeros estados de desarrollo y durante la floración. Necesita mucha luz. Plántalos a pleno sol, (20).

2.1.5.4 Suelo

Maroto (2002), afirma que el cultivo de pimiento requiere suelos profundos, ricos, bien aireados y, sobre todo bien drenados, entre los que no “duerma del agua”. Puede resistir hasta ciertas condiciones de acidez hasta un pH = 5,5 (Casseres, 1971), y el cultivo enarenado puede cultivares con pH aproximadamente a 8.

2.1.5.5 Riego

Es de gran importancia que el agua de riego no moje la base del tallo, puesto que de ello pueden derivarse fuertes ataques de phyphthora capsici Leon, en el pimiento. Además la calidad de agua es necesaria una dotación segura, ya que el cultivo se ve afectada un desarrollo normal y más susceptible a plagas y enfermedades, debido al estrés, de igual forma la falta de riego oportuno o muy distanciado provoca el aborto de flores y frutos. El agua con

1.8 a 2.0 dS/m de (CE), puede ser manejada teniendo una dotación segura a mayor CE será necesario mayores volúmenes, (21).

Los primeros riegos, es conveniente paralizar las irrigaciones hasta que se haya formado la segunda bifurcación. Durante la primera floración, un exceso de humedad en el suelo, puede provocar la caída de flores. Tedeschi y Zerbi (1984), estudiaron la influencia de diversos regímenes de riego, con arreglo a la evapotranspiración potencial, sobre los parámetros productivos del pimiento, partiendo de necesidades globales, para un ciclo normal entre 400 y 900 mm, siendo los valores de Kc de 0.4 tras el transplante, 0.95 – 1.1 en plena vegetación y 0.8 – 0.9 durante la recolección, se ajustaron todos estos valores, constatando una mayor susceptibilidad al estrés hídrico entre la floración y el cuajado de los frutos, (Maroto, 2002).

2.1.6 Fitopatología del cultivo

En las plantas de pimiento a veces existe alteraciones producidas por diversos factores nutricionales, climático, culturales, cuya manifestación nada tiene que ver con patógenos algunos. Con el fin de evitar confusiones en el diagnóstico, lo cual podría conducir a tratamientos fitosanitarios innecesarios, veamos, muy someramente, las fisiopatías más importantes, (22).

2.1.6.1 Asfixia radicular

Se trata de la muerte de las plantas a causa de un exceso generalizado de humedad en el suelo, que se manifiesta por pudrición en la parte inferior de la planta. Conviene subrayar que el pimiento es una de las especies más sensibles a esta fisiopatía, (22).

Regar en exceso provoca la asfixia y pudrición de raíces. Síntomas:

- Hojas amarillas o con manchas marrones.
- Hojas que caen.
- Podredumbre en el cuello de la planta.

2.1.6.2 Podredumbre basal

Podría considerarse esta anomalía como la respuesta de la planta a un exceso de humedad y falta de aireación no general sino localizada. Cuando tal ocurre en la zona basal del tallo, bien por causa del riego por goteo, (22).

2.1.7 Manejo del cultivo

Para Maroto (2002), es un conjunto de manejos agronómicos, que menciona a continuación:

2.1.7.1 Preparación del terreno

Es ciclo típico en la producción de pimientos forzados en invernaderos destinados principalmente a la exportación. La preparación del suelo consiste en realizar el pase de arado de disco a una profundidad de 20 cm., esto es después de haber desmalezado sea esta manualmente o mecanizado. De esta manera se obtiene un suelo suelto, para el mayor desarrollo radicular y aireación del cultivo.

2.1.7.2 Siembra directa o transplante

Se realiza en semilleros o en viveros, que pueden o no ser protegidos según las fechas de siembra.

2.1.7.3 Marco de plantación

Se hace en surco simple separados 0,75 – 0,90 m, sobre los cuales se disponen las plantas a una distancia de 0.40 – 0,50 m, también puede hacerse en líneas separadas, distantes entre sí 0,60 m, dejando un pasillo de unos 0,9 a 1 m, entre cada par de líneas.

2.1.7.4 Entutorado

Para evitar roturas de ramas como consecuencia de estar excesivamente cargadas de fruto las plantas de pimiento, es conveniente proceder al entutorado de las mismas mediante la colocación de dos filas de caña clavadas verticalmente alrededor de cada línea de plantas, unidas entre sí longitudinalmente por cuerdas, etc.

2.1.7.5 Aclareo de frutos

En ocasiones conveniente la eliminación de flores y frutos recién cuajados, cuando se forman en la altura de la primera bifurcación, si se constata una presencia excesiva de frutos cuajados o cuando la planta se desarrolla con poco vigor vegetativo.

2.1.7.6 Fertilización

Es muy exigente en nitrógeno durante las primeras fases del cultivo, decreciendo su demanda después de la recolección de los primeros frutos verdes debiendo controlar muy bien su dosificación a partir de este momento, ya que un exceso retrasaría la maduración de los frutos. La máxima demanda de fósforo coincide con la aparición de las primeras flores y con el periodo de maduración de las semillas. El potasio es determinante sobre la precocidad,

coloración y calidad de los frutos, aumentando progresivamente hasta la floración y equilibrándose posteriormente.

2.2 NECESIDADES DE AGUA EN LOS CULTIVOS

2.2.1 Definición

Serruto (1987), señala que el conocimiento del índice o cantidad del consumo de agua por los cultivos y las características de retención del agua, es fundamental para diseñar el suministro de agua y programar el proyecto de riego.

Además, manifiesta que las cantidades relativas de agua retenida desde el suelo por el proceso de evapotranspiración, son de gran interés, especialmente en regiones de lluvias limitadas, siendo necesaria la determinación de la cantidad de agua que se requiere para el riego de los cultivos bajo diferentes condiciones de suelo, abastecimiento de agua, intensidad del cultivo, etc.

2.2.2 Evapotranspiración (ET)

Vásquez A. y Vásquez I. (s.f.), menciona que es el proceso de flujo de agua hacia la atmosfera proveniente de la evaporación del agua del suelo, y de la transpiración de la plantas. Es un proceso complejo, que depende no sólo de los elementos físicos (climáticos) que afecta la evaporación, sino también de las características morfológicas y fisiológicas de la cobertura vegetal, del suelo y su nivel de humedad. La evapotranspiración es un proceso combinado de evaporación y transpiración. En el periodo vegetativo de un cultivo hay etapas críticas, durante las cuales las plantas son exigentes en agua o por el contrario

requieren de un stress o déficit de agua, según la fisiología de cada cultivo, para lograr el óptimo rendimiento y calidad de los productos a la cosecha.

Figura 2.1: Evapotranspiración en función factores climáticas de una planta.



Fuente: Elaboración propia

Gurovich (1999), define como la cantidad de agua usada por todo el cultivo vegetación natural en forma de tejidos a través y la evaporación directa desde la superficie del suelo más aquella cantidad de agua que se reintegra al atmósfera debido a la evaporación que intercepta la superficie foliar de la planta, es el volumen efectivo de agua transmitido a la atmosfera por el cultivo de una magnitud determinada de un sistema suelo – planta – clima.

Castillo y Castellvi (1996), define como la vaporización de un líquido en la superficie que la separa de la fase gaseosa, en la cual está en contacto. La transpiración es un proceso que consiste en la eliminación por evaporación de una parte del agua absorbida por las plantas (ET) que combina los dos

procesos discretas y que se refiere a la pérdida de agua desde una superficie con cubierta vegetal, ya que en la realidad es un proceso de cambio de fase de agua, la evaporación es predominante en la cavidad sub estomática. Mientras que la transpiración indica un flujo de vapor desde el inferior de la cavidad al exterior:

$$ET = E_s + T$$

Donde:

ET = Evapotranspiración

Es = Evaporación de agua absorbida por las plantas

T = evaporación de agua en el suelo, (mm ó m³/ha), (1mm equivale a 10 m³/ha).

García (1992), denomina que la evapotranspiración es la pérdida de agua hacia la atmósfera por evaporación desde cualquier superficie evaporante (suelo húmedo, superficie de agua, etc.) y transpiración de la vegetación existente en dicha superficie o medio. Constituyente la cantidad de agua que pasa hacia la atmósfera desde la superficie terrestre, es importante para el desarrollo del balance hídrico.

La evapotranspiración se mide mediante lisímetros. Consiste en un recipiente enterrado y cerrado lateralmente, de modo que el agua drenada por gravedad (la que se hubiera infiltrado hasta el acuífero) es recogida por un drenaje. En su construcción hay que se excavó en unas condiciones lo más similares posibles al área de un cultivo.

Factores que influyen a la evapotranspiración

FAO (2006), señala que el clima, las características del cultivo, el manejo y el medio de desarrollo son factores que afectan la evaporación y la transpiración.

a. Variables climáticas

Los principales parámetros climáticos que afectan la evapotranspiración son la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento. Se han desarrollado varios procedimientos para determinar la evaporación a partir de estos parámetros. La fuerza evaporativa de la atmósfera puede ser expresada por la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o). La evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) representa la pérdida de agua de una superficie cultivada estándar.

b. Factor del cultivo

El tipo de cultivo, la variedad y la etapa de desarrollo deben ser considerados cuando se evalúa la evapotranspiración de cultivos que se desarrollan en áreas grandes y bien manejadas. Las diferencias en resistencia a la transpiración, la altura del cultivo, la rugosidad del cultivo, el reflejo, la cobertura del suelo y las características radicales del cultivo dan lugar a diferentes niveles de ET en diversos tipos de cultivos aunque se encuentren bajo condiciones ambientales idénticas. La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET_c) se refiere a la demanda evaporativa de la atmósfera sobre cultivos que crecen en

áreas grandes bajo condiciones óptimas de agua en el suelo, con características adecuadas tanto de manejo como ambientales, y que alcanzan la producción potencial bajo las condiciones climáticas dadas.

c. Manejo y condición ambiental

Los factores tales como salinidad o baja fertilidad del suelo, uso limitado de fertilizantes, presencia de horizontes duros o impenetrables en el suelo, ausencia de control de enfermedades y de parásitos y el mal manejo del suelo pueden limitar el desarrollo del cultivo y reducir la evapotranspiración. Otros factores que se deben considerar al evaluar la ET son la cubierta del suelo, la densidad del cultivo y el contenido de agua del suelo. El efecto del contenido en agua en el suelo sobre la ET está determinado primeramente por la magnitud del déficit hídrico y por el tipo de suelo. Por otra parte, demasiada agua en el suelo dará lugar a la saturación de este lo cual puede dañar el sistema radicular de la planta y reducir su capacidad de extraer agua del suelo por la inhibición de la respiración.

Olalla y Valero (1993), indican que después de una lluvia o de un riego, la interface entre el sistema terreno – planta y la atmosfera está saturada, y evidentemente la transpiración y la evaporación está en el valor potencial, siendo función de muchos factores reunidos en la siguiente expresión:

$$ET = f(c, s, v, f, g) * Q \text{ no limitante.}$$

Donde:

c = Factores climatológicos (radiación temperatura y humedad del aire, velocidad del viento, etc.).

s = Factores edáficos (conductividad hídrica, espesor del estrato activo, calor superficial, capacidad hídrica, rugosidad de la superficie, etc.)

v = Factores de la planta (conductividad hídrica de los tejidos, estructuras de la parte epigea, profundidad y densidad del sistema radical.).

f = Factores fitotécnicos (laboreo del suelo, orientación de las líneas de siembra, densidad, poblacional, tipo e intensidad de la poda, et.).

g = Factores geográficos (extensión del área, variación de las características climáticos en el borde de área conservada, etc.).

Q = Agua disponible en la interfaces con la atmosfera, cuyo origen es la lluvia, el riego y/o aporte hídrico de la capa freática.

García (1992), indica que el proceso físico de pérdida hacia la atmósfera incluye los siguientes factores:

- ♦ Disponibilidad de humedad
- ♦ Estado de crecimiento y cobertura de vegetación
- ♦ Naturaleza y tipo de suelo

Elementos climáticos tales como:

- ♦ Radiación (Rn)
- ♦ Viento
- ♦ Gradiente vertical de humedad
- ♦ Temperatura del airea
- ♦ Temperatura de la superficie evapotranspirado.

Serruto (1987), menciona que los factores que afectan a la evapotranspiración son: Factores climáticos (radiación solar, temperatura del aire, viento, humedad relativa y otros), condiciones del suelo (humedad del suelo, salinidad, fertilidad del suelo, color de suelo) y característica de las plantas (números de estomas, superficie foliar, sistema radicular, color de las hojas).

2.2.2.1 Evaporación

FAO 56 (2006), considera que la evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira de la superficie evaporante (remoción de vapor). El agua se evapora de una variedad de superficies, tales como lagos, ríos, caminos, suelos y la vegetación mojada.

Para cambiar el estado de las moléculas del agua de líquido a vapor se requiere energía. La radiación solar directa y, en menor grado, la temperatura del aire, proporcionan esta energía. La fuerza impulsora para retirar el vapor de agua de una superficie evaporante es la diferencia entre la presión del vapor de agua en la superficie evaporante y la presión de vapor de agua de la atmósfera circundante. El reemplazo del aire saturado por un aire más seco depende grandemente de la velocidad del viento. Por lo tanto, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento son parámetros climatológicos a considerar al evaluar el proceso de la evaporación.

Monsalve (1999), define la evaporación como un proceso por la cual el agua líquida pasa al estado de vapor en condiciones naturales, que simultáneamente con el escape de partículas de agua hacia la atmósfera se dé

en fenómeno inverso partícula de agua en la fase gaseosa que existen en la atmosfera y chocan con superficie de separación entre estado liquido y gaseoso, son capturados por el cuerpo de agua evaporante.

La evaporación se mantiene hasta alcanzar un estado de equilibrio que corresponde a la saturación del aire en vapor de agua, el número de partículas que escapan del cuerpo evaporante es igual al número de partículas de agua en la fase gaseosa que son capturados por el cuerpo en el mismo intervalo de tiempo.

Reyes (1992), indica que es el conjunto de fenómenos que transformen el agua en vapor mediante un proceso específicamente físico, la velocidad de evaporación es función del estado de la atmósfera de las vecindades de la superficie evaporante (agua, nieve y hielo etc.) que estos están en función de muchos factores.

Serruto (1987), afirma que la evaporación es un fenómeno físico, mediante el cual, el cual el agua pasa a la atmosfera en estado de vapor. Además la evaporación de una superficie húmeda utiliza la energía proporcionada por la radiación solar que llega a la superficie exterior de la atmosfera terrestre a razón de $2\text{cal./cm}^2/\text{min}$, medido perpendicular a la luz.

2.2.2.2 Transpiración

Castillo y Castellvi (1996), menciona que está relacionado con la cantidad de materia seca la cantidad de agua consumida siendo la relación entre la biomasa y agua transpirada aproximadamente tipo lineal dependiendo

de la especie y del déficit de presión de vapor de esta manera se estima la cantidad de biomasa producida.

La resistencia estomática tiene diferentes mecanismos de regulación de la pérdida de agua entre el agua del suelo, el agua en el interior de la planta y el agua en forma de vapor presente en la atmosfera.

La resistencia aerodinámica depende de variables meteorológicas como la velocidad de viento y las características de la superficie evaporada (la tasa de pérdida de agua desde un cultivo no puede ser superior a la tasa de absorción de agua desde el suelo), por alargamiento de las celdas. Los mecanismos de regulación estomática influencia de potencial hídrico foliar.

Reyes (1992), señal que es un fenómeno esencialmente al igual que la evaporación con la diferencia de que la superficie evaporante por donde escapan las moléculas de agua es principalmente hojas de las plantas; y los factores que influencia la transpiración son:

- El poder evaporante de la atmosfera (temperatura, humedad del aire, velocidad del viento etc.).
- Las aberturas de las estomas favorecidos por la luz y el calor; en consecuencia depende de la radiación solar y de la insolación.
- Humedad de suelo existente.

Monsalve (1999), define que es la pérdida de agua hacia la atmosfera en forma de vapor, dependiente de los acciones físicas y fisiológicas de los

vegetales a través de las (estomas) a esto se le define como fenómeno de evaporación.

Serruto (1987), define que es el proceso por lo cual el vapor de agua se desprende de las plantas vivas, principalmente de las hojas, y pasa a la atmósfera. Cuando el agua se transforma en vapor y vuelve a la atmósfera procedente de las plantas, son necesarias 540 calorías para transformar 1 cm³ de liquido en vapor.

2.2.3 Evapotranspiración real o actual “ETc”

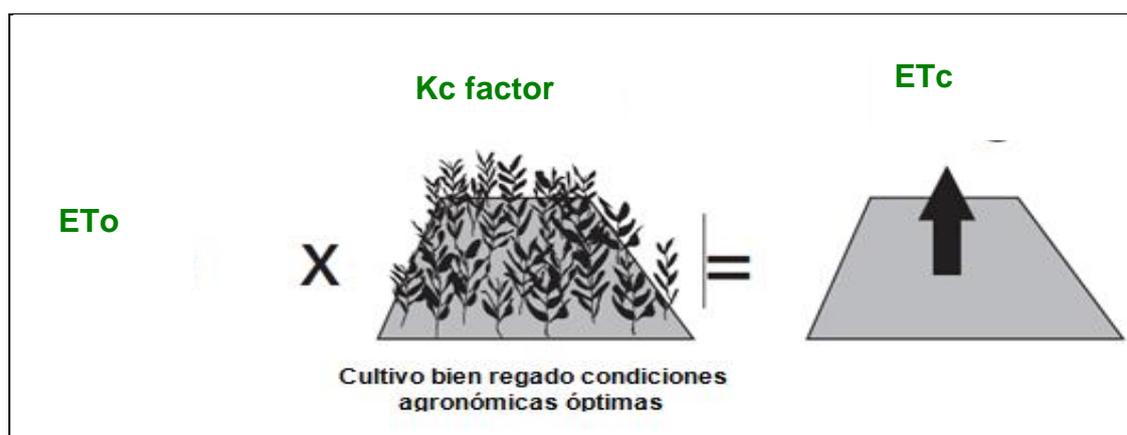
FAO manual N° 56 (2006), menciona que la evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar se denomina ETc, y se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra exento de enfermedades, con buena fertilización y que se desarrolla en parcelas amplias, bajo óptimas condiciones de suelo y agua, y que alcanza la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas reinantes.

La evapotranspiración del cultivo puede ser calculada a partir de datos climáticos e integrando directamente los factores de la resistencia del cultivo, el albedo y la resistencia del aire en el enfoque de Penman-Monteith. Debido a que todavía existe una considerable falta de información para los diferentes cultivos, el método de Penman-Monteith se utiliza solo para la estimación de la tasa de evapotranspiración del cultivo estándar de referencia (ETo). La relación ETc/ETo que puede ser determinada experimentalmente para diferentes cultivos y es conocido como coeficiente del cultivo (Kc), y se utiliza para relacionar ETc a ETo de manera que $ETc = ETo \times Kc$.

En esta aplicación la ETo se calcula por el método de FAO Penman-Monteith a partir de los datos climáticos obtenidos en las estaciones automáticas.

Como cultivo de referencia se considera una pradera en condiciones óptimas de crecimiento y una altura de 0,12 m. El coeficiente de cultivo Kc estima la evapotranspiración relativa del cultivo respecto a la de la pradera de referencia. Dicho coeficiente varía en función del estado de desarrollo del cultivo y por ello es habitual dividir su ciclo en sus diferentes etapas.

Figura 2.2: Evapotranspiración del cultivo (ETc).



Fuente: FAO Guía N° 56 (2006)

Vásquez A. y Vásquez I. (s.f.), manifiestan que la evapotranspiración real o actual es la que se produce cualquiera que sea las condiciones de las plantas y suelo. Se le define también como la tasa real de consumo de agua de un cultivo. Entre los factores que afecta o definen la evapotranspiración real o uso consuntivo de agua de un cultivo, son los mismos que afectan a la evapotranspiración del suelo y a la transpiración de la plantas, tales como:

- Elementos climáticos

- Especie vegetal o cultivo y sus características genéticas
- Nivel de humedad de suelo
- Características físicas y químicas de suelo
- Sanidad y vigorosidad del cultivo
- La fase vegetativa del cultivo.

La ETA, se obtiene a partir de la ecuación:

$$ET_c = K_c + ET_p$$

Donde:

ET_c = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

ET_o = Evapotranspiración de referencia o potencial (mm/día)

K_c = Coeficiente de cultivo (a dimensional)

Serruto (1987), señala que es el potencial del agua por los cultivos agrícolas incluyendo evaporación directa de la húmeda de suelo y de las plantas húmedas. De acuerdo a la nueva terminología, este concepto es equivalente a la "Evaporación de cultivo (ET_c), que viene a ser el producto de la evapotranspiración de referencia (ET_o) por el coeficiente de cultivo (K_c).

Vásquez y Chang (1992), define que es la tasa de evaporación y transpiración de un cultivo exento de enfermedades, que crece en un campo exento (uno o más hectáreas) en condiciones óptimas de suelo, fertilidad y suministro de agua.

La evapotranspiración actual es llamada también uso consuntivo. Se calcula de la siguiente manera:

$$ET_c = K_c * ET_p$$

Donde:

ET_c = Evapotranspiración real o actual del cultivo (mm ó cm).

K_c = Coeficiente que tiene en cuenta el efecto de relación agua – planta.

ET_p = Evapotranspiración potencial (mm ó cm)

2.2.3.1 Método para determinar la evapotranspiración real

❖ Método directo de lisímetro

FAO manual N° 56 (2006), indica que si se aísla la zona radicular del cultivo y se controla los procesos que son difíciles de medir, los diversos términos en la ecuación del balance de agua en el suelo se pueden determinar con apreciable exactitud. Esto se hace en lisímetros que son tanques aislados llenados con suelo disturbado o no disturbado en los que el cultivo crece y se desarrolla. En lisímetros de drenaje, la evapotranspiración es medida por un período dado, restando la cantidad de agua de drenaje, recogida en el fondo de los lisímetros, de la cantidad total de agua ingresada.

García (1992), señala que son dispositivos formados por un tanque con área de 4m² pudiendo ser hasta 10.00 m², su profundidad depende del cultivo, mas lo ideal es de 1.20 m sobre todo para cultivos anuales, al llenarse el recipiente se indica con una capa de cascajo, otra de arena fina y luego es colocado el suelo obedeciendo las capas del perfil del mismo, en el tanque así construido nos permite a conocer la evapotranspiración real, en el caso que no exista restricción de humedad, constituye la evapotranspiración máxima.

2.2.4 Evapotranspiración potencial (ET_o)

Vásquez, y Chang (1992), señala que es la cantidad de agua evaporada y transpirada por un cultivo de tamaño corto (generalmente pastos), que cubre toda la superficie en estado activo de crecimiento y con un suministro adecuado y continuo de agua, existen varios métodos para determinar la evapotranspiración potencial. Los más comunes son:

- ✓ Por muestreo de humedad de suelo
- ✓ Lisímetro
- ✓ Tanque de evaporación
- ✓ Balance de agua
- ✓ Balance de energía
- ✓ Método o formulas empiricas (Penman, hargreaves, blaney – criddle, radiación, christiansen y Jensen – Haise).

Monsalve (1999), define como la perdida de agua absorbida en una superficie liquida o solida saturada, por evaporación y por transpiración de las plantas, que ocurría en el caso que hubiera un adecuado abastecimiento de humedad de agua al suelo en todo momento. En donde la tasa de evaporación se mide por unidad de área.

Para la determinación de estos fenómenos se utiliza los siguientes métodos:

- a) Métodos de estimación:
- ✓ Métodos de aerodinámico
 - ✓ Métodos de balance energético
 - ✓ Métodos de Penman Monteith

- ✓ Métodos de thomtwaite
- ✓ Métodos de estimación

b) Métodos de medida:

- ✓ Aparatos (evaporímetro ordinario tanque tipo “A”)
- ✓ Atmómetro
- ✓ Método de balance hídrico

Olalla y Valero (1993), define como “la evaporación de una superficie extensa cubierta con un cultivo de porte pequeño, crecimiento activo y sombreado totalmente el suelo, que ejerce una escasa o despreciable resistencia al flujo de vapor de agua y ésta bien aprovisionada de agua”. La ETo, así definida, no puede exceder a la evaporación de una lámina libre de agua bajo las mismas condiciones ambientales.

Además, proponen un método para la predicción de la ETo a partir de los datos medidos de evaporación de una lámina libre de agua del tanque clase “A”, la ecuación correspondiente toma la forma siguiente:

$$ETo = Kp - Ev$$

Donde:

ETo = Evapotranspiración potencial en mm/día.

Kp = Coeficiente cubeta

Ev = Evaporación diario del tanque clase “A” en mm/día.

2.2.4.1 Métodos para determinar la evapotranspiración potencial

2.2.4.1.1 Método de lisímetro

Olalla y Valero (1993), indican que el término “lisímetro” tiene sus raíces etimológicas de dos vocablos griegos “lysis” y “metrón” que significan respectivamente disolver y medir. También indica que por la versatilidad de los lisímetros, no existe una definición que tenga validez universal y abarque todas las formas posibles de su utilización.

Los evapotranspirometros son aquellos recipientes de suelos y vegetación por las cuales el agua perdida en el sistema se mide mediante un simple balance de entradas y salidas o por diferencia de peso.

FAO 56 (2006), menciona que la tasa de evapotranspiración en una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia, y se denomina evapotranspiración referencial o potencial (ET_o). La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas.

La evapotranspiración potencial puede estimarse a partir de la evaporación de una superficie de agua, el procedimiento para obtener los valores de la “ET_o” a partir de los datos del tanque evaporímetro y los coeficientes para diversos tipos de evaporímetros.

Figura 2.3: Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o).



Fuente: Manual 56 de la FAO.

Los factores que afectan en la evapotranspiración de referencia son los elementos climáticos. Por lo tanto la “ET_o”, es también un elemento climático y que puede ser calculado a partir de datos meteorológicos.

Vásquez A. y Vásquez I. (s.f.), indica que el método de lisímetro es la forma directa y exacta de medir la evapotranspiración potencial, a partir de un aparato o estructura llamado lisímetro, durante un periodo determinado.

En el interior del lisímetro, se encuentra el cultivo patrón o pasto que es materia de análisis de la cantidad de agua evaporada o transpirada. Este método generalmente se usa en trabajos de investigación y es poco empleado en estudios de requerimiento de agua de los cultivos de proyectos de irrigación en marcha.

Entre los diferentes tipos de lisímetro, se tienen los siguientes:

- ✓ **Lisímetro de balance;** indica que la capacidad de almacenamiento de la humedad del suelo permanece constante, y donde el uso del agua por el cultivo, es la diferencia entre el agua aplicada y la drenada.

- ✓ **El lisímetro de pesada;** consiste en determinar el uso de agua por el cultivo, se determina por la pérdida de peso entre las aplicaciones de agua.
- ✓ **Lisímetros de compensación;** automáticamente por un sistema de vasos comunicantes se compensa el agua gastada en el tanque, manteniéndose constante una lámina de agua a una determinada profundidad, según el suelo y cultivo; en donde se abastece las plantas de agua por capilaridad (Pacheco y Alonso 1995).

La determinación de evapotranspiración potencial mediante un lisímetro se hace mediante la siguiente relación:

$$ETP = DA - Dd$$

Donde:

ETp = Evapotranspiración potencial (mm)

DA = Cantidad de agua aplicado (mm)

Dd = Cantidad de agua drenada (mm)

Mediante este método también se puede determinarse la evapotranspiración real y potencial de los cultivos de interés.

2.2.4.1.2 Método de tanque de evaporación clase “A”

FAO 56 (2006), menciona que la tasa evaporativa de los tanques de evaporación llenos de agua puede ser fácilmente obtenida. En ausencia de lluvia, la cantidad de agua evaporada durante un periodo (mm/día) corresponde a la disminución de la altura de agua en el tanque en ese periodo. Los tanques proporcionan una medida del efecto integrado de la radiación, viento,

temperatura y humedad sobre el proceso evaporativa de una superficie abierta de agua; aunque el tanque evaporímetro responde de una manera similar a los mismos factores climáticos que afectan la transpiración del cultivo, varios factores producen diferencias significativas en la pérdida de agua de una superficie libre evaporante y de una superficie cultivada.

La evaporación del tanque está relacionada con la evapotranspiración de referencia por un coeficiente empírico derivado del mismo tanque:

$$ET_o = K_p * E_{pan}$$

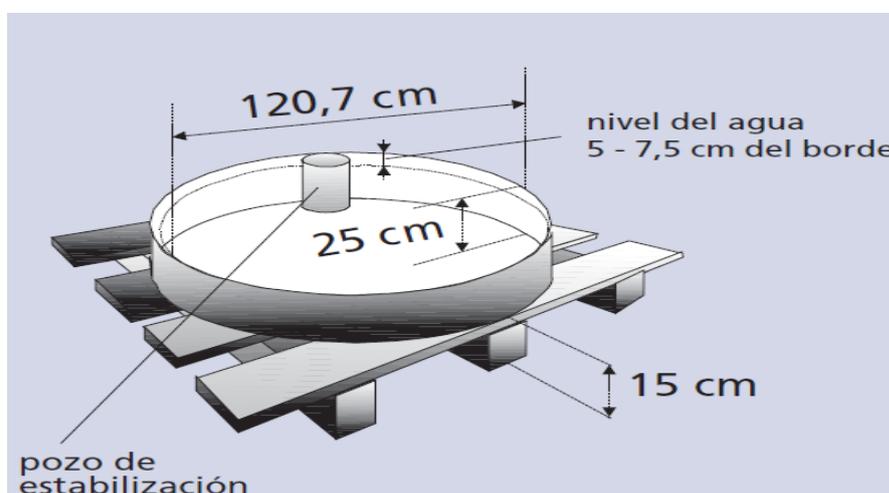
Donde:

ET_o = Evapotranspiración de referencia (mm/día)

K_p = Coeficiente del tanque evaporímetro (-)

E_{pan} = Evaporación del tanque evapotranspiración (mm/día)

Figura 2.4: Especificaciones del tanque clase "A"



Fuente: FAO Guía N° 56 (2006)

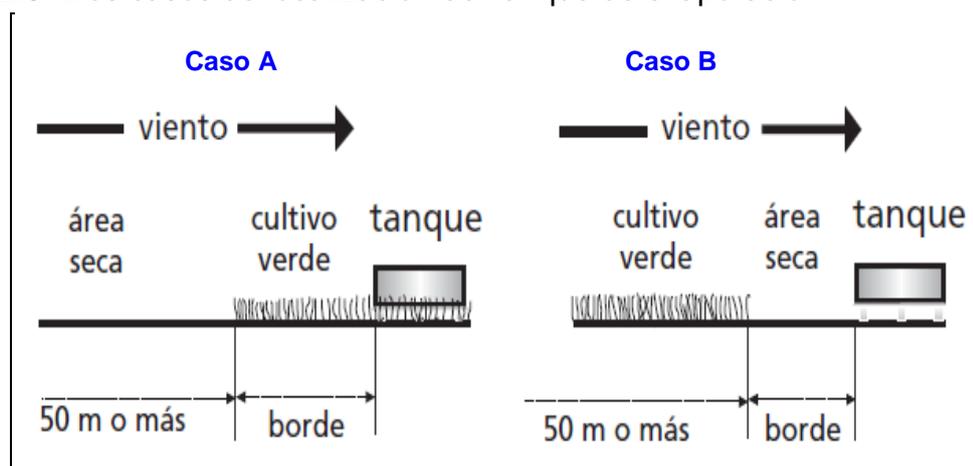
Para seleccionar el coeficiente apropiado para un tanque evaporímetro dado, se debe considerar no solamente el tipo del tanque, sino también la cobertura del suelo donde se ubica el tanque, sus alrededores así como el

viento y las condiciones generales de humedad. La localización y el ambiente del tanque evaporímetro también tienen influencia en los resultados. Lo último es particularmente cierto en casos en que el tanque evaporímetro se encuentra situado en suelos bajo barbecho y no en campos cultivados. Bajo esta característica, dos casos se consideran comúnmente:

Caso A: en que el tanque evaporímetro se localiza en una zona de pasto corto verde y está rodeado por un suelo en barbecho.

Caso B: en que el tanque evaporímetro se localiza sobre un suelo en barbecho y está rodeado por un cultivo verde (ver la figura 2.4).

Figura 2.5: Dos casos de localización del tanque de evaporación.



Fuente: FAO Guía N° 56 (2006)

Reyes (1992), indica que dentro de los métodos directos más empleados en el mundo, está el tanque de evaporación tipo "A", que consiste en la medida de evaporación partiendo de una superficie de agua, ésta se hace estableciendo la medida de la disminución de una superficie de agua a partir de una superficie evaporante en milímetros (mm). El agua evaporante en un periodo es:

$$EV = (Li - Lf) + P + A - R$$

Donde:

EV = Evaporación en el periodo

Li = Lectura al inicio del periodo

Lf = Lectura al final del periodo

P = Precipitación en el periodo

A = Abastecimiento de agua en el periodo

R = Retiro de agua en el periodo

Doorenbos y Pruitt, (1982), la bandeja o tanque de evaporación clase “A” es uno de los instrumentos que más se utilizan en todo el mundo. La bandeja de evaporación integra los factores de clima y provee un buen estimado de la ETo, si se le da buen servicio de mantenimiento y manejo. Los coeficientes de tanque de evaporación clase “A”, dados para las diferentes condiciones alrededor del tanque.

2.2.4.1.3 Método de FAO Penman - Monteith

FAO 56 (2006); el método FAO Penman - Monteith se mantiene como el método estándar único para el cómputo de la evapotranspiración potencial, de datos meteorológicos.

La ecuación FAO fue derivada, a partir de la ecuación original de Penman-Monteith y de las ecuaciones de resistencia aerodinámica y del cultivo:

$$ET_o = \frac{0.4\delta\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 U_2)}$$

Donde:

ET_o = evapotranspiración de referencia (mm/día)

R_n = radiación neta en la superficie del cultivo (MJ/m²/ día)

R_a = radiación extraterreno (mm/día)

G = flujo del calor de suelo (MJ/m²/ día)

T = temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)

u₂ = velocidad del viento a 2 m de altura (m/s)

e_s = presión de vapor de saturación (kPa)

e_a = presión real de vapor (kPa)

e_s - e_a = déficit de presión de vapor (kPa)

Δ = pendiente de la curva de presión de vapor (kPa/°C)

γ = constante psicrométrica (kPa/°C)

2.2.5 Coeficiente de cultivo “Kc”

El coeficiente de cultivo (K_c) describe las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra hasta la recolección. Doorenbos y Pruitt (1982); factor K_c depende del cultivo y su etapa fenológica y se puede determinar mediante el balance hídrico. Al mismo tiempo. García (1992), lo considera como un parámetro que permite estimar la E_{Tc} en función de la E_{To}.

Es decir el K_c permite conocer la demanda hídrica en un cultivo en ausencia de lisímetros. Si el experimento del estudio de requerimientos hídricos del cultivo, hacemos funcionar paralelamente un evapotranspirómetro, entonces

tendremos informaciones de evapotranspiración máxima (ET_c) y de evapotranspiración de referencia (ET_o) y con los dos conjuntos de datos se determinan los valores de K_c , haciendo uso de la relación que expresa en la siguiente:

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o}$$

Donde; la ET_c evapotranspiración real o actual del cultivo, se puede medir por lisímetro y ET_o es la evapotranspiración potencial que considera la relación solar, la humedad relativa la velocidad del viento y la temperatura.

Gurovich (1999), define como un coeficiente de cultivo la relación entre la evaporación de un cultivo específico y la evaporación potencial del cultivo de un periodo de crecimiento de una etapa “fenológica” que es una evolución de una curva sigmoïdal hasta llegar a un valor máximo.

FAO 56 (2006), el coeficiente del cultivo integra los efectos de las características que distinguen a un cultivo típico de campo del pasto de referencia, el cual posee una apariencia uniforme y cubre completamente la superficie del suelo. En consecuencia, distintos cultivos poseerán distintos valores de coeficiente del cultivo. Por otra parte, las características del cultivo que varían durante el crecimiento del mismo también afectaran al valor del coeficiente “ K_c ”. Por último, debido a que la evaporación es un componente de la evapotranspiración del cultivo, los factores que afectan la evaporación en el suelo también afectaran al valor de K_c .

El coeficiente de cultivo K_c , describe las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra hasta la cosecha.

Cuadro 2.3: Valores de K_c y de planta de pimiento libre enfermedades.

| Cultivo | K_c inicial | K_c media estación | K_c final |
|--------------------------|---------------|----------------------|-------------|
| Pimiento dulce (campana) | 0.6 | 1.11 | 0,90 |

Fuente: Manual 56 de la FAO.

Factores que determinan el coeficiente de cultivo

De acuerdo con Doorenbos y Pruitt (1987), los factores que afectan la evaporación en el suelo también afectaran al valor de K_c .

- ✓ Tipo de cultivo
- ✓ Clima
- ✓ Evaporación del suelo
- ✓ Etapas de crecimiento del cultivo

2.2.5.1 Etapas fenológicas del cultivo para determinar el “ K_c ”

FAO 56 (2006), define que a medida que el cultivo se desarrolla, tanto el área del suelo cubierta por la vegetación como la altura del cultivo y el área foliar varían progresivamente, debido a las diferencias en evapotranspiración que se presentan durante las distintas etapas de desarrollo del cultivo, el valor de K_c correspondiente a un cultivo determinado, también variara a lo largo del periodo de crecimiento del mismo. Este periodo de crecimiento puede ser dividido en cuatro etapas: inicial, de desarrollo del cultivo, de mediados de temporada y de final de temporada.

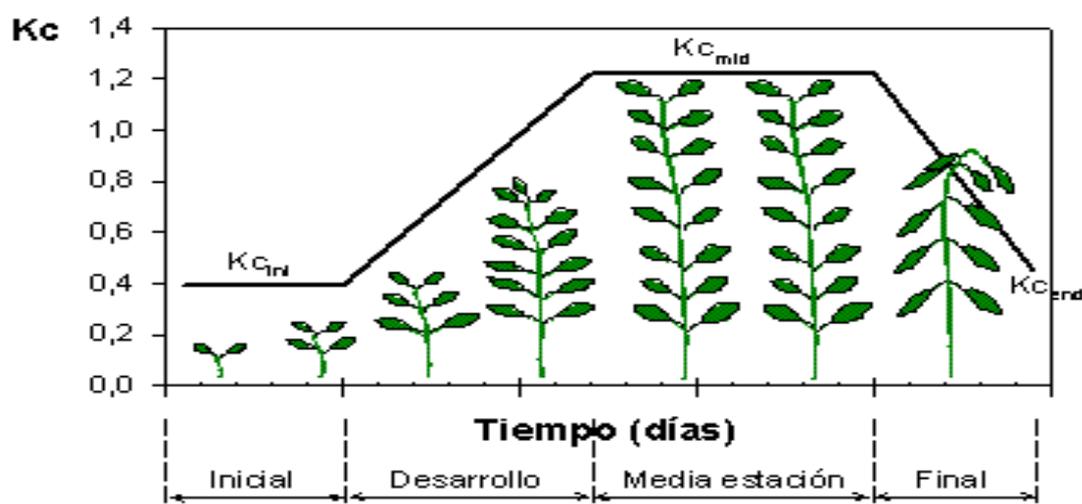
Etapa inicial: Está comprendida entre la fecha de siembra y el momento que el cultivo alcanza aproximadamente el 10% de cobertura del suelo.

Etapa de desarrollo del cultivo: Está comprendida desde el momento en que la cobertura del suelo es de un 10% hasta el momento de alcanzar la cobertura efectiva completa.

Etapa de mediados de temporada: La etapa de mediados de temporada comprende el periodo de tiempo entre la cobertura completa hasta el comienzo de la madurez. El comienzo de la madurez está indicado generalmente por el comienzo de la vejez, amarillamiento o senescencia de las hojas, caída de las hojas, o la aparición del color marrón en el fruto, hasta el grado de reducir la evapotranspiración del cultivo en relación con la E_{To} de referencia.

Etapa de finales de temporada: La etapa final o tardía de crecimiento comprende el periodo entre el comienzo de la madurez hasta el momento de la cosecha o la completa senescencia. Se asume que el cálculo de los valores de K_c y E_{Tc} finaliza cuando el cultivo es cosechado, secado al natural, alcanza la completa senescencia o experimenta la caída de las hojas.

Figura 2.6: Evolución del K_c en función del estado de desarrollo.



Fuente: FAO Guía N° 56.

2.3.2 Relaciones agua – planta

Pizarro (1996), indica que el agua es el principal componente de las plantas, cuyos órganos representa más de 90% en peso; que actúa como disolvente y medio de transporte de gases, minerales y otras sustancias esenciales para la vida vegetal y es así mismo un reactivo de procesos fundamentales como la fotosíntesis.

Además, señala que desde el punto de vista de tecnología de riego, lo que interesa es conocer el movimiento del agua en el sistema suelo – planta – atmósfera y sobre todo dos cuestiones prácticas: el movimiento óptimo de riego y las necesidades hídricas de los cultivos.

2.4 BALANCE HIDRICO

García (1992), Indica que el balance hídrico es la evolución volumétrica de las entradas y salidas de agua a un sistema para conocer su disponibilidad. Para establecer un balance hídrico hay que conocer las entradas de agua, que están dadas por el riego (R), medido volumétricamente, y las salidas de agua un cultivo, que se dan por la evapotranspiración (ETc), que es la pérdida de agua por evaporación desde cualquier superficie evaporante mas la transpiración de la vegetación existente, y por el drenaje (D), que es la pérdida de agua por percolación a través del suelo por efecto de la gravedad.

2.5 ESTADO DE AGUA EN EL SUELO

Pizarro (1996), dice que un suelo está saturado cuando todos sus poros están llenos de agua. Esta situación se puede presentar cuando a cierta profundidad existe un estrato impermeable, cuando el drenaje es demasiado

lento, etc. Si se permite que un suelo saturado drene libremente, el contenido en agua comienza a descender vaciándose ´primero los poros más grandes, que son ocupados por el aire.

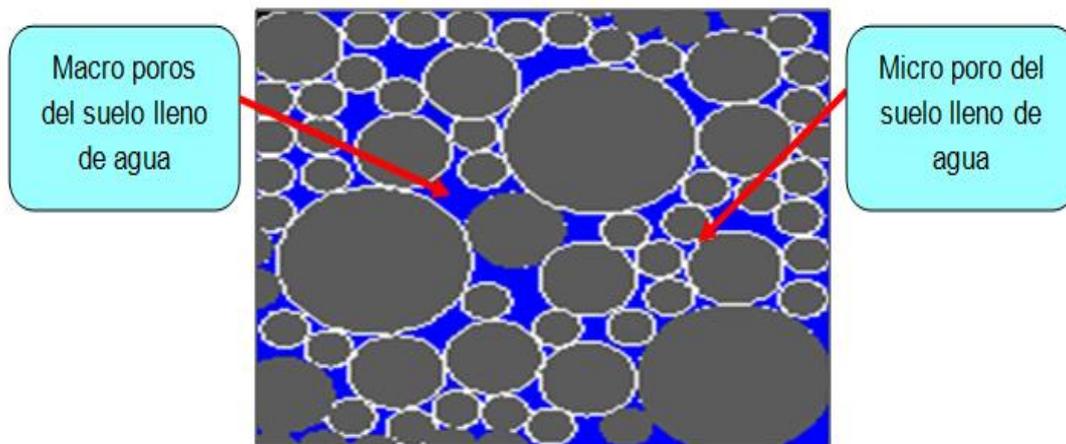
Fuentes (2003), desde el punto de vista de su utilización por las plantas cabe diferenciar los siguientes estados del agua del suelo; saturación, capacidad de campo y punto de marchitez.

2.5.1 Saturación

Fuentes (2003), menciona que es un suelo está saturado cuando todos sus poros (grandes y pequeños) están ocupados por el agua. Esta situación se presenta después de una lluvia o riego abundante, o cuando existe un estrato impermeable a poca profundidad. Cuando el suelo saturado se le deja drenar, el agua sobrante pasa al subsuelo por la acción de la gravedad. El agua eliminada de esta forma, que no es retenida por el suelo, se llama agua libre o gravitacional.

Cuando el estado de suelo saturado se prolonga (riegos pesados o excesivos diarios), las raíces de las plantas no acuáticas se mueren por falta de respiración, ya que las raíces de las plantas toman agua de los poros pequeños (micro poros) y respiran de los poros grandes (macro poros).

Figura 2.8: Suelo en estado de saturación.

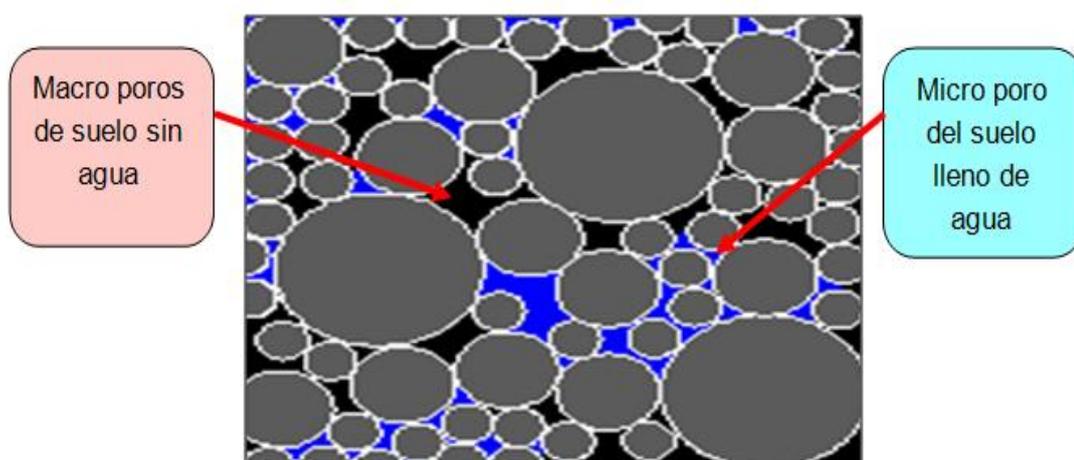


Fuente: Elaboración propia.

2.5.2 Capacidad de campo (Cc)

Pizarro (1996), señala que está a capacidad de campo cuando después de un drenaje, llega un momento en que el suelo no pierde más agua, en estado de los poros más pequeños retienen el agua contra la fuerza de gravedad y los macro poros están ocupados del aire.

Figura 2.9: Suelo en estado de capacidad de campo



Fuente: Elaboración propia

Vásquez A. y Vásquez I. (s.f.), define a la capacidad de campo como la máxima capacidad de retención de agua de un suelo sin problema de drenaje, y que se alcanza según la textura del suelo entre las 12 y 72 horas después de un riego pesado o una lluvia que permitió saturar momentáneamente al suelo; es decir cuando la percolación o drenaje de agua gravitacional haya, prácticamente, cesado.

Israelsen y Hansen (1979), manifiesta sobre los límites de capacidad de campo y punto de marchitez permanente, para distintos tipos de textura de suelo.

Cuadro 2.4: Suelo en estado de capacidad de campo

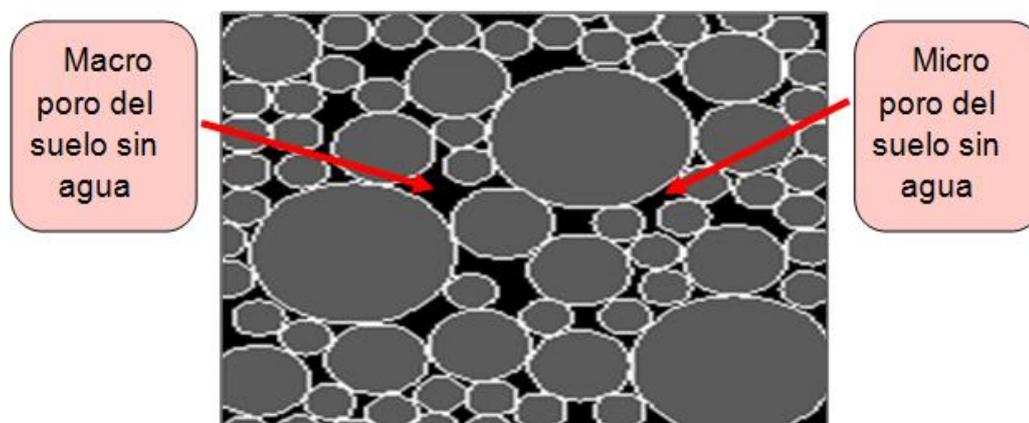
| Textura de suelo | Capacidad de campo (%) | Punto de marchitez (%) |
|---------------------|------------------------|------------------------|
| Arenoso | 6 - 12 | 2 - 6 |
| Franco - Arenoso | 10 - 18 | 4 - 8 |
| Franco | 18 - 26 | 6 - 10 |
| Franco - Arcilloso | 23 - 31 | 12 - 15 |
| Arcilloso - Arenoso | 27 - 35 | 14 - 18 |
| Arcilloso | 31 - 39 | 16 - 20 |

Fuente: Israelsen y Hansen (1979)

2.5.3 Punto de marchitez permanente “PMP”

García (1992), denomina que es el límite inferior de la humedad, en el cual la reserva de agua en el suelo está en el fin o se agotó, este punto es difícil de ser determinado debido a que involucra la conductividad hidráulica del suelo bien seco.

Figura 2.10: Suelo en estado de punto de marchitez.



Fuente: Elaboración propia.

Pizarro (1996), indica que el punto de marchitez se caracteriza porque las plantas absorben el agua del suelo con mucha dificultad y experimentan marchitez irreversible, que depende del suelo, condiciones meteorológicas, densidad de raíz, etc.

Vásquez A. y Vásquez I. (s.f.), nos indica punto marchitez permanente es el contenido de humedad del suelo en el cual la vegetación manifiesta síntomas de marchitamiento, caída de hojas, escaso desarrollo o fructificación, debido a un flujo muy lento de agua del suelo hacia la planta.

Fuentes (2003), a partir de la capacidad de campo, el agua del suelo se va perdiendo progresivamente por evaporación y absorbida por las plantas. Se considera que el punto de marchitez permanente se alcanza cuando la tensión matricial tiene un valor 15 atmosferas. Se considera que se ha alcanzado el punto de marchitez permanente cuando la planta pierde su capacidad de recuperación, aunque se suministre agua en abundancia.

2.5.4 Determinación de punto marchitez permanente.

Fuentes (2003), menciona que la determinación del punto de marchitez se mide en laboratorio o en el mismo terreno. A falta de datos de análisis que den la humedad del suelo en estas fases, se pueden calcular, de un modo aproximado, a partir de otros datos analíticos más fáciles de obtener, tales como la composición de la textura. Entre la formula más utilizada es la siguiente:

$$PMP = 0,303 Ac + 0,102 L + 0,0147 Ar \text{ (Fórmula de Briggs).}$$

Donde:

PMP = Humedad en el punto de marchitez (%).

Ac = Contenido de arcilla (%).

L = Contenido de limo (%).

Ar = Contenido de arena (%).

2.5.5 Humedad aprovechable total “HAT”

Vásquez y Chang (1992), denomina que es la diferencia que existe entre el contenido de humedad del suelo a capacidad de campo (Cc) y el punto de marchitez permanente (PMP).

La expresión matemática de la humedad aprovechable total del suelo se da por la relación:

$$HAT = \frac{(Cc - PMP)}{100} * \text{prof.}$$

Donde:

HAT = Humedad aprovechable total.

Cc = Contenido de humedad del suelo a capacidad de campo.

PMP = Contenido de humedad del suelo a punto marchitez permanente.

Prof. = Profundidad del suelo

2.6 UTILIZACION DE AGUA EN EL SUELO

Fuentes (2003), desde punto de vista de su utilización por las plantas, el agua del suelo se clasifica así:

➤ **Agua sobrante**

Es la porción de agua que sale libre del suelo por acción de la gravedad. Esta agua no puede ser aprovechada por las que pasa a una profundidad de suelo no accesible por las raíces.

➤ **Agua disponible**

Es la porción de agua que puede ser absorbida por las raíces de la planta con suficiente rapidez para compensar las pérdidas por transpiración.

➤ **Agua no disponible**

Es la porción de agua retenida por el suelo con tanta fuerza que las plantas no pueden absorberla para compensar las pérdidas por transpiración.

2.7 CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO

Pizarro (1996), menciona que se trata de calidad con relación con la salinidad. Sin embargo, el agua riego localizado, un importante factor de calidad es el riesgo de obturaciones.

Criterio de salinidad en riego localizado de alta frecuencia: Se basan en determinadas hipótesis, una de las cuales consiste en que Conductividad

Eléctrica de la solución del suelo es el doble de la del extracto de saturación y triple de la del agua de riego.

Normalmente, las aguas de riego tienen un pH comprendido entre 6.5 y 8.4. Los valores fuera de ese rango indican desequilibrios que pueden ocasionar trastornos nutricionales o efectos de tóxicos. Con pH bajo se pueden ocasionar corrosiones en los elementos metálicos de la instalaciones; Ph superiores a 8.4 indican altos riesgos de modicidad.

Vásquez A. y Vásquez I. (s.f.), mencionan que el desarrollo de agricultura depende del grado de disponibilidad de agua de buena calidad. La calidad de las aguas de riego está determinada por la composición y concentración de los diferentes elementos que puedan estar presentes ya sea en solución o en suspensión. La calidad de agua determina tipo de cultivo a sembrar; y, en cierta manera, el tipo de manejo que debe dársele al suelo y al riego mismo.

Se considera los valores de la conductividad eléctrica CE (microhoms/cm) y de la RAS. Cada clase de calidad de agua se designa una doble serie de símbolos, C para concentraciones de sales y S para el sodio. El significado e interpretación de las diferentes clases se resumen a continuación.

2.7.1 Conductividad eléctrica (CE)

- a. **Clase C1:** Agua de baja salinidad, puede utilizarse para riego de la mayoría de los cultivos y en cualquier suelo. Se tiene poca probabilidad

de que se desarrolle salinidad. La CE, varía entre 0 – 250 micromhos/cm.

- b. **Clase C2:** Agua de salinidad media, puede utilizarse siempre y cuando haya un cierto grado de lavado. Las plantas moderadamente tolerantes a las sales pueden producir adecuadamente en casi todos los casos y sin necesidad de prácticas de control de salinidad. La CE varía entre 250 – 750 micromhos/cm.
- c. **Clase C3:** Agua de alta salinidad, puede utilizarse en el riego de cultivos tolerantes a las sales y suelos con adecuado drenaje y en muchos casos se completa con el empleo de prácticas de control de la salinidad. La CE varía entre 750 – 2250 micromhos/cm.
- d. **Clase C4:** Agua con muy alta de salinidad, puede utilizarse para riego bajo condiciones especiales: suelos permeables y de drenaje adecuado, aplicándose agua en exceso para mantener un equilibrio de sales en el perfil del suelo. Bajo condiciones normales no es apropiado para el riego.

Los cultivos a usarse con este tipo de agua son los altamente tolerantes a las sales. La CE es superior a 2250 micromhos/cm.

2.7.2 Sodio “SAR”

1. **Clase S1:** Agua baja en sodio, puede utilizarse para el riego de la mayoría de los cultivos y en la mayoría de los suelos, con poca

probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. El valor de RAS varía entre 0 – 10.

2. **Clase S2:** Agua media en sodio, puede utilizarse en suelos de textura gruesa o en suelos orgánicos de buena permeabilidad. En suelos de textura fina, el sodio representa un peligro considerable, más aun, si dichos suelos poseen una alta capacidad de intercambio de cationes, especialmente bajo condiciones de lavado deficiente, salvo que el suelo contenga yeso. El valor de RAS, varía entre 10 – 18.
3. **Clase S3:** Agua alta en sodio, normalmente puede producir niveles tóxicos de sodio intercambiable en la mayoría de los suelos, por lo que éstos requerirán prácticas especiales de manejo, buen drenaje, fácil lavado y adiciones de materia orgánica. Los suelos con abundante cantidad de yeso pueden en muchos casos no desarrollar niveles perjudiciales de sodio intercambiable cuando son regados con esta clase de agua. En otros casos, se utilizan mejoradores químicos para sustituir al sodio intercambiable, que muchas veces no resultan económicos si se usan agua de alto contenido de sales. El valor de RAS varía entre 10 – 26.
4. **Clase S4:** Agua muy alta en sodio, inadecuada para el riego, salvo que su CE sea bajo o media y cuando la disolución del calcio del suelo y/o la aplicación de yeso u otros mejorados químicos no hagan antieconómica su utilización. El valor de RAS es mayor de 26.

2.8 PRECIPITACION EFECTIVA (Pe)

Olalla y Valero (1993), indican que para el manejo de riego hay que tener en cuenta las precipitaciones que se produzcan, pues ella compensarán en parte la ETc; por tal, se estimará el porcentaje de lluvia que se considera efectiva. Desde el punto de vista del riego, se entiende como precipitación efectiva (PE) aquella parte de la lluvia caída que tras llegar al asuelo se almacena en el volumen de la rizósfera y queda disponible para la evapotranspiración del cultivo.

2.9 NECESIDADES DE NETAS DE LOS CULTIVOS

Vásquez y Chang (1992), define que es la cantidad de agua que requiere la planta para satisfacer sus necesidades fisiológicas. Sin embargo, dentro de su ambiente, la planta no se encuentra aislada si no que forma de un microsistema, sujeto a “entrada” y “salida”, por lo tanto, susceptible de efectuar un balance hídrico, en el que las entradas están dadas por todos los aportantes hídricos al suelo y la “salida” por el proceso de agotamiento de la humedad del suelo, ocasionado por la evapotranspiración actual o del cultivo (ETc).

El balance se sintetiza en:

$$Nn = ETc - Pe - Gw - \Delta w$$

Donde:

Nn = Necesidades netas del cultivo para periodo de investigación (mm/día).

ETc = Evapotranspiración real o actual (mm/día).

Pe = Precipitación efectiva (mm/día).

Gw = Aporte capilar por efectos del nivel freático (mm/día).

Δw = Cambio de almacenamiento de agua del suelo (mm/día)

El proceso de agotamiento de la humedad del suelo está dado por la evapotranspiración actual (ETc) y el proceso de contribución hídrica, por la suma de Pe, Gw y Δw .

El valor de Δw , se considera igual a cero, tanto para condiciones donde no exista influencia del nivel freático, así como en aquellas situaciones donde se puede controlar la ascensión capilar del nivel freático, mediante un inadecuado sistema de drenaje, capaz de evitar daños físicos al sistema radicular de la planta.

El balance se simplifica de la siguiente manera.

$$Nn = ETc - Pe$$

Donde:

Nn = Necesidad de riego o demanda de agua de los cultivos (mm).

ETc = Evapotranspiración real o actual (mm).

Pe = Precipitación efectiva (mm).

Además señala que la demanda de agua aumenta progresivamente a medida que la planta va creciendo y desarrollándose, hasta llegar un momento en que las necesidades son máximas, a este periodo de máxima consumo de agua se llama periodo crítico; durante este periodo las necesidades son más ocurrentes.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. LOCALIZACION DEL CAMPO EXPERIMENTAL

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en Centro de Reconversión Agrícola de la Autoridad Autónoma de Majes, en la comisión de regantes 3R – B6 “Zona especializada”, que se encuentra ubicado en:

Departamento : Arequipa

Provincia : Caylloma

Distrito : Majes

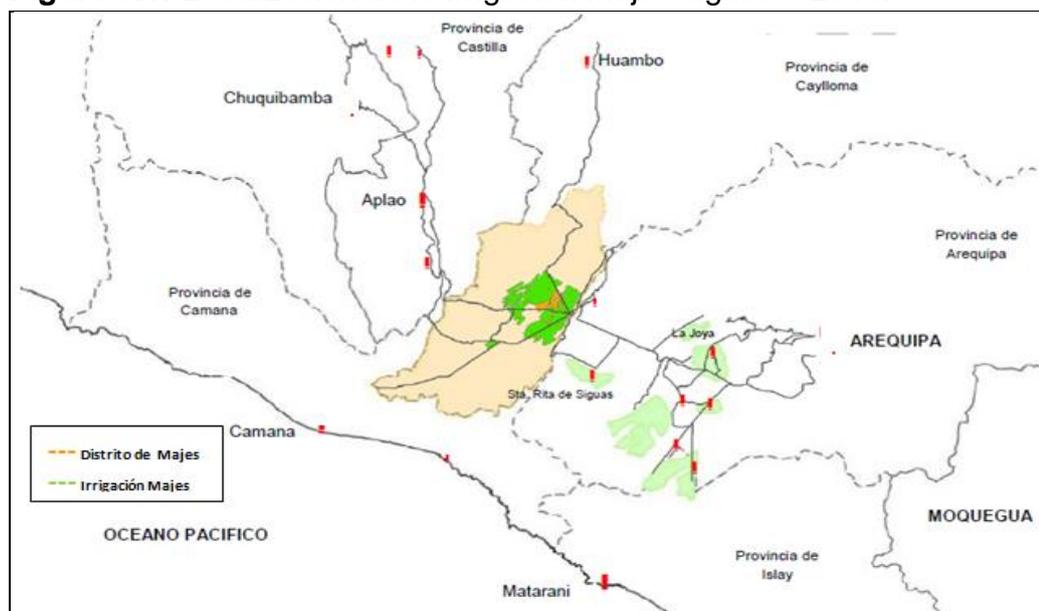
Su posición geográfica del campo experimental, corresponde a las siguientes coordenadas:

Latitud : 16° 30' 00" S

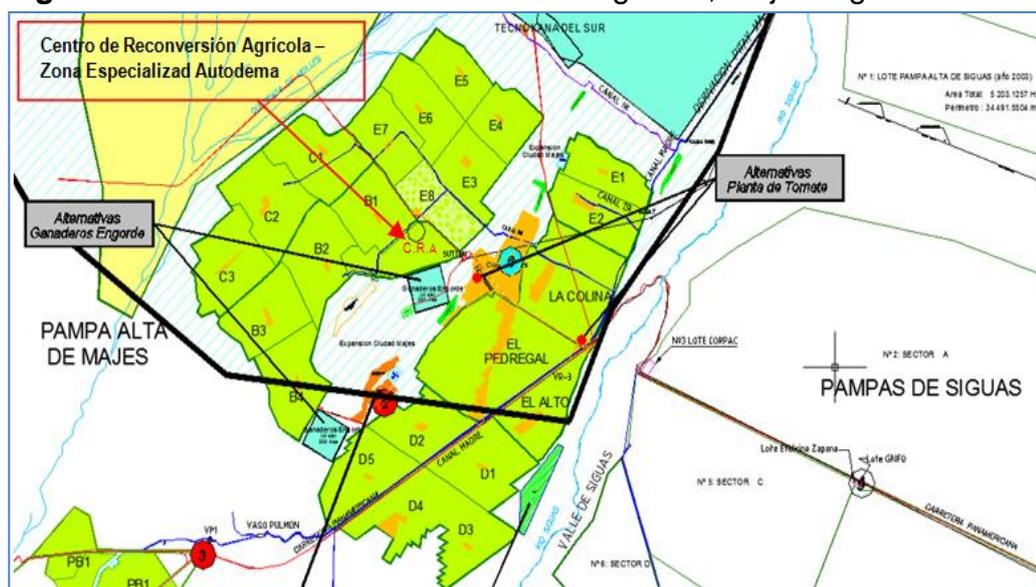
Longitud : 72° 10' 00" W

Altitud : 1400 m.s.n.m.

Figura 3.1: Localización de la Irrigación Majes siguas – 2010.



Fuente: Autodema

Figura 3.2: Localización del Centro investigación, Majes Siguas – 2010.


Fuente: Autodema

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS DE INVESTIGACION

3.2.1. Lisímetros

Para determinar la evapotranspiración real (ET_c) y evapotranspiración potencial (ET_o), se utilizó 03 lisímetros tipo de drenaje para cada uno, y que están compuestos por tres tanques de fibra de vidrio; lisímetro (tanque de cultivo), depósito de alimentador (TA) y depósito de drenaje (TD), cuyas características se observan en el anexo de planos.

3.2.1.1. Características de fabricación e instalación de lisímetro

El lisímetro (tanque de cultivo), consiste en una caja de fibra de vidrio de 1.5 metros de ancho, por 3.0 metros de largo; y 0.60 metros de alto en uno de los lados y 1.0 metros de alto en otro de los lados, para garantizar un buen drenaje de agua, los mismos que se abastece de agua con un sistema consistente en una cubeta con una red de distribución. El lisímetro en la parte

baja contiene un depósito graduada para acumular el agua drenada (depósito de drenaje).

Los lisímetros, contiene en la parte inferior, un dren de grava de 1" de diámetro, separados del suelo agrícola por una malla Nilón de 5 mm de diámetro de abertura y espesor de 2 mm, el suelo agrícola es llenado y tamizado con tamiz de 2 cm de diámetro, extraído del mismo lugar donde se excavó para el lisímetro en su fase constructivo.

3.2.1.2. Características de depósito para aplicación de agua.

El depósito de alimentador de agua de riego es de forma cubica, de 0.6 metros de alto, 0.5 metros de largo y ancho, sostenido en 04 patas de 1.3 metros de alto cada una, las que están cimentadas en una profundidad de 0.3 metros; es fabricado en fibra de vidrio con un espesor de 5.00 mm (tres lados y base), y un lado de vidrio de 4.0 mm de espesor; en cuyo lado presenta adherida una regla metálica de 0.60 metros de alto, graduada en mm.

3.2.1.3. Características de depósito para drenaje de agua.

El depósito de recepción de agua de drenaje es de forma cubica, de 0.40 metro de alto, 0.50 metros de ancho y 0.50 metros de largo, sostenido en 04 patas de 0.2 metros de alto cada una; es fabricado en fibra de vidrio de espesor de 5.0 mm (tres lados y base), y lado de vidrio de 4.0 mm de espesor; en cuyo lado presenta adherida una regla metálica de 0.40 metros de alto, graduada en mm.

3.2.2. Tanque de evaporación clase “A”

El tanque de evaporación clase A, es circular de 120.7 cm, de diámetro y 25 cm de profundidad. Esta construido de hierro galvanizado o de lámina de metal (0.8 mm). Se sitúa sobre una plataforma de madera de reja que se encuentra a 15 cm. Por encima del nivel del suelo.

Una vez instalado, el tanque se llenó con agua hasta 5 cm, por debajo del borde y el nivel del agua no debe disminuir hasta más de 7.5 cm, por debajo del borde. El agua fue constantemente cambiada, al menos semanalmente, para eliminar turbidez. El tanque galvanizado, que debe ser pintado anualmente con pintura de aluminio.

Los tanques se protegieron con mallas de seguridad para evitar el acceso de los animales. El lugar de instalación fue cubierto perfectamente con pasto, en un área de 20 por 20 m, abierto a todos los lados para permitir la circulación del aire.

3.2.3. Estación agroclimática

Para el presente trabajo de investigación se utilizó una estación agroclimática automática de última generación: Estación meteorológica DAVIS, modelo Vantage Pro2 Plus, como referencia para medir datos de evapotranspiración potencial por día según climatología de la zona de estudio. Es preferible que la estación se encuentre situado en el centro campos de investigación de cultivos.

La estación fue conformada por dos partes principales: un conjunto de Sensores (ISS) y una Consola. El ISS concentra la información que recolecta los sensores meteorológicos, y los envía hacia la CONSOLA, donde se visualiza y almacena esta información. Con el uso del software llamado Weather Link 5.8.3, se descargó estos datos a la PC para su tratamiento y análisis.

3.2.4. Fertilizantes y insumos agrícolas

También se realizó la utilización de fertilización mediante el sistema de riego por goteo, aplicando por el tanque de alimentador (TA), para fácil aprovechamiento de las plantas durante el periodo crecimiento en su nutrición.

La aplicación de fertilizantes, previa pesaje en la balanza analítica para la precisión datos aplicación de fertilizantes. Podemos observar el consumo total de fertilizante aplicados por lisímetros de área 4.5 m² por campaña, ver el anexo A10.

Cuadro 3.1: Resumen de fertilizantes utilizados en investigación

| La cantidad (gr) de fertilizante utilizada en toda la campaña/lisímetro | | | | | | |
|---|-----------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|------------------------|
| Lunes a Viernes | | | | | Sábado | Domingo |
| Nitrato de amonio (gr) | Urea (gr) | Fosfato monoamónico (gr) | Nitrato de potasio (gr) | Sulfato de magnesio (gr) | Sulfato de zinc (gr) | Nitrato de calcio (gr) |
| 51.51 | 12.17 | 34.75 | 156.16 | 90.60 | 11.25 | 140.71 |

Fuente: Elaboración Propia.

3.2.5. Especie cultivada

Se utilizó plántulas de pimiento morrón (*Capsicum annum*, variedad Cierzo) con 30 días después de germinación, proporcionado por el vivero "Siembra Sur" del Pedregal, cuyo evaluación de las plántulas instaladas en el

campo experimental, no hubo plantas en mortandad, entonces lo que demuestra que se trata de una buena calidad y cuidado de plántulas apta para el trasplante.

Cuadro 3.2: Información de evaluación de plántulas, del día de transplante.

| Descripción | Lisímetro A-4 | Lisímetro A-4 | Lisímetro A-4 | Promedio |
|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|----------|
| Tamaño de planta | 7.40 | 7.50 | 7.30 | 7.40 |
| Numero de planta por lisímetro | 41 | 38 | 40 | 40 |
| Distanciamiento entre surco | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| Distanciamiento entre planta | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |

Fuente: Elaboración propia.

3.3. PROCESO METODOLÓGICO

El proceso metodológico para la determinación de evapotranspiración real del cultivo de pimiento, evapotranspiración potencial por tres métodos y coeficiente de cultivo, incluye las siguientes etapas:

3.3.1. ETAPA I: Acciones previas

3.3.1.1. Determinación de propiedades físico del suelo

a) Capacidad de campo “Cc”

La muestra obtenida del lisímetro, para determinar la capacidad de campo y se determinó con el método gravimétrico, y se procedió de la siguiente manera: Se inundo en 1m² de área de terreno, y se cubrió con un plástico para evitar la evaporación de agua en el suelo, a las 24, 48, 72 y 96 horas, se recogió las muestras a una profundidad de 25 cm y luego se volvió a cubrir con plástico, teniendo la totalidad de 4 muestras, la misma que fue puesta en una estufa durante 24 horas a una temperatura 105 °C, en el laboratorio de análisis Agrícola de Autodema, en donde se obtuvo el peso se suelo húmedo (psh) y el

peso de suelo seco (pss); luego, para calcular el porcentaje de humedad del suelo con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ humedad} = \frac{(psh - pss)}{pss} * 100$$

Donde:

% humedad = Porcentaje de humedad

Psh = peso de suelo humedad

Pss = peso del suelo seco

b) Punto de marchitez permanente “PMP”

La determinación del punto de marchitez permanente, se calculó utilizando la fórmula de Briggs que recomienda Fuentes Yagüe, en función a la textura de suelo arenoso, según investigación y se calcula a partir de los datos de porcentaje de arcilla, limo y arena contenido en el suelo.

$$PMP = (0.302 * \text{Arcilla}) + (0.102 * \text{Limo}) + (0.0147 * \text{Arena})$$

Donde:

Pm = Punto de marchitez %

Ac = % de Arcilla

L = % de Limo

Ar = % de Arena

c) Humedad fácilmente aprovechable “HFA”

Según la expresión matemática se calculó la humedad aprovechable total del suelo con la siguiente relación:

$$\text{HAT} = \frac{(\text{Cc} - \text{PMP})}{100} * \text{prof.}$$

Donde:

HAT = Humedad aprovechable total.

Cc = Contenido de humedad del suelo a capacidad de campo.

PMP = Contenido de humedad del suelo a punto de marchitez permanente.

Prof. = Profundidad del suelo (profundidad de muestreo)

3.3.1.2. Análisis físico - químico del suelo

Para el análisis físico químico del suelo, se tomaron 03 muestras al zar del área experimental a una profundidad de 10 a 20 cm., luego se mezcló y homogenizó; para obtener una sola muestra compuesta de 1kg para el respectivo análisis físico - químico del suelo; ésta muestra de suelo se analizó en el laboratorio de aguas, suelos y abonos de la Facultad de Ciencias Agrarias UNA – PUNO.

3.3.1.3. Análisis físico químico de agua para riego

Para el análisis físico - químico del agua, se tomó un litro de agua de la red de distribución en el centro experimental de Centro de Reconversión Agrícola, luego se llevó al laboratorio de aguas, suelos y abonos de la Facultad de Ciencias Agrarias UNA – PUNO.

3.3.1.4. Calibración de lisímetro

Para determinar la evapotranspiración se realizó las calibraciones de los lisímetros y sus depósitos de aplicación y drenaje de siguiente manera:

a) Calibración de tanque de cultivo del lisímetro

Dicha prueba consiste en aplicar un volumen de agua uniforme al suelo del lisímetro, que supere 4 veces la evaporación registrada el día anterior en el tanque clase "A" (evaporación = 5.40mm x 4 veces = 21.60 mm; como el lisímetro tiene un área 4.5 m², se aplicó una lámina de agua de 9.72 mm, equivalente a un volumen de 97.20 litros de agua por lisímetros), a fin de que el suelo entre en capacidad de campo. Al mismo tiempo corroboramos dicha calibración con los datos de evaporación del tanque clase "A".

$$\text{Volumen aplicado} = \text{Volumen drenado} + \text{Evaporación}$$

b) Calibración de tanque de aplicación del lisímetro

La calibración de tanque de aplicación de agua de riego fue calibrada en función a la altura de agua en cm con la regla metálica graduada, a fin de conocer la relación de altura de agua vs volumen, para el regresión lineal de los volúmenes de agua aplicados en cada riego.

c) Calibración de tanque de drenaje del lisímetro

La calibración de tanque de drenaje consistió en tomar datos de agua del tanque de cultivo en función a la altura de agua en cm con la regla metálica graduada, a fin de conocer la relación de altura de agua vs volumen, para el regresión lineal de los volúmenes de agua aplicados en cada riego.

3.3.1.5. Instalación de pasto ray grass

Un mes previo a la instalación de cultivo a investigar, se instalaron tres lisímetros de código C 4, C- 5 y C-6, con pasto ray grass a fin de que el total de

la superficie del suelo se encuentre cubierta con dicho pasto y se pueda obtener una evapotranspiración potencial (ET_o) diaria.

3.3.1.6. Instalación de cultivo a investigar

Una vez calibrado los lisímetros del código: A-4, A-5 y A-6, se instalaron las plántulas de pimiento, el 12 de Noviembre, manualmente con una densidad de siembra 10,667 plantas/ha., y 40 plantas promedio por lisímetro (tanque de cultivo), el trasplante se hizo a tres bolillo entre planta 0.25 x 0.25 m, entre surco 0.75 m, para ello la preparación del terreno se realizó una semana antes del trasplante de plántulas, en suelo arenosa, se incorporo humus de lombriz, estiércol compuesto, para mejorar la capacidad de campo del suelo y se niveló el terreno antes de instalar las cintas de goteo.

3.3.2. ETAPA II: Conducción experimental y toma de datos

3.3.2.1. Preparación de suelo

La preparación del suelo, se realizó una semana antes de realizar el trasplante de las plántulas, arando con un pico, con la ayuda de este se eliminaron los terrones, quedando así el suelo mullido y listo para trasplante, luego se desinfectado el área de lisímetro de la siguiente manera; se ha regado con agua abundante por completo el área de los lisímetros y luego cubrir con un plástico transparente, así eliminando los contaminantes en el suelo del cultivo anterior.

Se ha realizado la nivelación del terreno con la finalidad, de instalación de cintas de riego por goteo, es muy importante la distribución del agua, sea uniforme y no se formen zonas de encharcamiento. Esto no sólo repercute

favorablemente sobre la estructura del suelo, sino que dan origen a muchas enfermedades que afecten a la planta de pimiento en su rendimiento.

3.3.2.2. Evaluaciones fenológicas del cultivo pimiento

Para establecer las etapas fenológicas del cultivo, se trabajó en base a las evaluaciones semanales de desarrollo fisiológico del cultivo y a la variación de la evapotranspiración diaria del cultivo lo cual se refleja muy claramente en los gráficos. Se consideraron gráficamente los parámetros medidos de altura, diámetro foliar y porcentaje de cobertura de suelo.

3.3.2.3. Medición de altura de planta

Se tomó tres plantas al azar dentro del lisímetro o tanque de cultivo, los cuales fueron medidos con una cinta métrica (metálica) para luego ser promediados, dicho valor promedio se consideró altura de la plántula.

3.3.2.4. Medición de diámetro foliar

Para determinar el diámetro de área sombreada de suelo por la planta, se ha elegido una área de 75 x 75 cm, dentro del lisímetro, con 03 plantas por fila y el transplante es a doble hilera, entonces tenemos total de 06 plantas por área; en donde se determinó el porcentaje de área sombreada por la planta.

3.3.2.5. Área sombreada de la planta

Sabemos que la teoría según manual N° 56, recomienda para determinar sus etapas fenológicas y clasifican de la siguiente manera:

Etapas inicial: Comprende de siembra (transplante) hasta el momento que el cultivo alcanza aproximadamente el 10%.

Etapa de desarrollo: Comprende desde el momento en que la cobertura del suelo es de un 10% hasta el momento de alcanzar la cobertura efectiva completa.

Etapa de mediados de temporada: Comprende de cobertura completa hasta el comienzo de la madurez. (Caídas de hojas, aparición del color marrón en el fruto).

Etapa de final de temporada: Comprende desde el comienzo de la madurez del fruto hasta el momento de la cosechas.

3.3.2.6. Riego y fertirriego

El sistema de riego que se aplicó en el presente trabajo de investigación, fue el riego por goteo, la instalación se efectuó de manera independiente para cada lisímetro, partiendo la red de distribución a partir del tanque de aplicación.

3.3.2.7. Aplicación y drenaje de agua

En forma diaria a horas 8.30 se midió el volumen de agua aplicado y drenado de cada lisímetro y se anotó en un registro de datos; inmediatamente se evacuó dicha agua, para poner el recipiente en cero y pueda acumular el volumen de la nueva lectura. Posteriormente, se aplicó al lisímetro un volumen de agua de riego, que fue también registrado.

3.3.2.8. Deshierbo

Se realizaron las actividades de deshierbo en todas sus etapas de fenológicas del cultivo de pimiento, con la finalidad de que no influya en el balance de evapotranspiración del cultivo.

3.3.2.9. Aclareo de frutos

Se hizo el aclareo de frutos, con la finalidad de obtener mayor cantidad de frutos por planta, el aclareo consistió en eliminar el primer fruto que aparece durante el crecimiento de la planta.

3.3.2.10. Cosecha

La cosecha se realizó en 07 y 31 de marzo, 14 de abril del 2010 en forma manual, con la ayuda de un cuchillo cortando una por una los frutos de tanque de cultivo del lisímetro, luego se hizo el pesaje de cada lisímetro por separado, una vez cosechada los frutos, se procedió a clasificar por calidad de fruto, según primera, segunda y descarte en función diámetro y forma del fruto y finalmente se obtuvo la producción 57.23 tn/ha por los tres lisímetros, siendo la suma total de 13.5 m², de área.

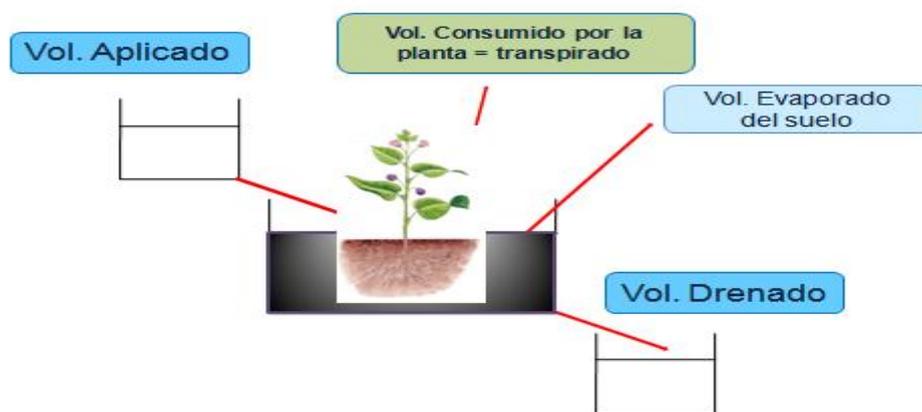
3.3.3. ETAPA III: Procesamiento de datos de investigación

3.3.3.1. Determinación de evapotranspiración real por método directo

La demanda de agua del cultivo en el tiempo es diferente, ya que esta varía con las diferentes etapas de desarrollo del cultivo del ciclo vegetativo. Para estimar estos requerimientos en las distintas etapas de desarrollo del cultivo, se realizó directamente con las lecturas diarias del agua aplicada en los depósitos de alimentadores y drenajes. Para determinar la evapotranspiración real del cultivo pimiento, se tomaron como base de datos, la diferencia de volumen de agua aplicada y drenada a diario, la que se dividió entre el área del lisímetro es 4.5 m², dicho registro fue procesando a diario.

Figura 3.3: Toma de datos de agua aplicado y drenado en los lisímetros.

$$\text{Vol. Consumido} = \text{Vol. Aplicado} - \text{Vol. drenado} - \text{Vol. Evaporada}$$



Fuente: Elaboración propia

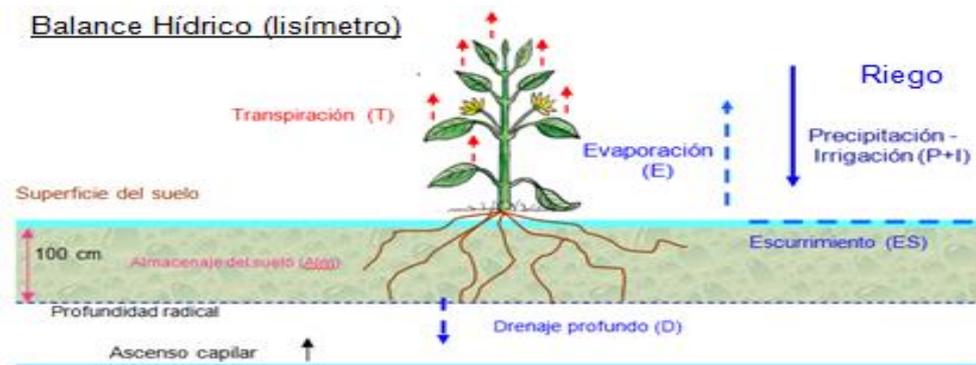
3.3.3.2. Determinación de evapotranspiración potencial por tres métodos

Para determinar la evapotranspiración de cultivo de referencia (ET_o), se calculó por tres métodos, utilizando tres lisímetros sembrado con pasto ray grass, un tanque de evaporación y una estación agroclimático automático.

a) Evapotranspiración potencial por método directo (lisimetría)

De los lisímetros instalados con ray grass, se obtuvieron datos diarios de volúmenes de agua aplicado y drenado, cuya diferencia dividida por el área del lisímetro, expresará la evapotranspiración potencial diaria, el registro de dichos datos se puede apreciar en el anexo A3. En la figura 3.4, se muestra el esquematizado el balance hídrico aplicado para la determinación de la evapotranspiración potencial por el método directo de lisímetro de drenaje. La ET_o se determinó mediante la siguiente relación:

$$ET_o \text{ (mm/día)} = \frac{\text{Vol. agua aplicado} - \text{Vol. agua drenado}}{\text{Área del lisímetro}}$$

Figura 3.4: Balance hídrico en lisímetro de drenaje

Fuente: Elaboración propia.

vol. ingreso (riego) = vol. salida (drenaje)

vol. consumida = vol. aplicado (riego) + vol. evaporado

vol. consumida (planta) + vol. aplicado (riego) + Vol. evaporada (suelo) = vol. drenado

b) Evapotranspiración potencial por tanque evaporación tipo "A"

Considerando éste método de lisímetro a modo de referencia, calculamos la evapotranspiración potencial, por ser uno de los instrumentos que más se utilizan en todo el mundo, de fácil manejo y económico; se registraron las lecturas de evaporación de tanque en forma diaria a las 6.00 am y 6.00 pm haciendo una diferencia y multiplicar por el respectivo coeficiente de tanque o factor de corrección (K_t), el cual se obtuvo en función al Anexo A8.

De acuerdo al anexo A8, nuestro tanque de evaporación clase "A", está ubicado en suelos con cobertura vegetal a una distancia de 1 m, del área de cultivo, durante su campaña se registró una velocidad de viento promedio 2.0 m/s, y una humedad relativa máxima de 84 %, por lo que consideramos un factor de tanque (K_t) de 0.75, los registros de evaporación.

La evapotranspiración de referencia o potencial fue calculada por el método indirecto de tanque de evaporación clase “A”, y la fórmula que se utilizó es la que nos recomienda según FAO manual 56:

$$ET_o = E_o * K_t$$

Donde:

ET_o = Evapotranspiración de referencia (mm/día)

E_o = Evaporación de agua en el tanque (mm/día)

K_t = Coeficiente del tanque evaporímetro (a dimensional).

c) Evapotranspiración potencial por estación agroclimática

Consideramos a modo de referencia este método de determinación indirecta de la evapotranspiración de potencial, para ello se trabajó con una estación agroclimática automática, la misma que está ubicada en la misma área experimental de los lisímetros. Esta estación agroclimática registra todas las variables climatológicas necesarias para la aplicación de la ecuación de Penman Monteith, para calcular la evapotranspiración potencial, a través del método recomendado por la FAO, en tiempo real. Los mismos que se lectura todos los días por las 7: 00 de la mañana.

3.3.3.3. Determinación coeficiente de cultivo “Kc”

Después de las evaluaciones de las etapas fenológicas del pimiento morrón, se procedió con la determinación del coeficiente de cultivo (K_c) correspondiente, finalmente elaborar la curva del coeficiente K_c con los resultados de evapotranspiración real del cultivo pimiento y la

evapotranspiración potencial o cultivo de referencia, este último determinado por método directo de lisímetro.

Para calcular el coeficientes de cultivo (K_c), por el método de lisímetro, se utilizó la formula general recomendada por Doorembos y Pruitt (1982) y García (1992), cuya ecuación matemática es $K_c = \frac{ET_c}{ET_p}$; para lo cual la evapotranspiración real del cultivo, se registró todos los días en el depósito de alimentador y la del drenaje del lisímetro, para saber el consumo de agua de la planta y para la evapotranspiración potencial de cultivo referencia, éste último calculado por el método directo de lisímetro. Así mismo, con los datos de evapotranspiración real y la de evapotranspiración de potencial, tendremos los datos de coeficiente de cultivo (K_c) diario, desde el transplante de plántulas hasta la cosecha.

3.3.4. Necesidades netas de cultivo

Es preciso saber que en la Irrigación Majes la precipitación efectiva (P_e) es casi nula; en cuanto al aporte capilar (G_w) en la zona no es importante, por tanto el nivel freático está muy profundo. Finalmente (A_w) no se toma en cuenta, por cuanto el sistema de riego por goteo es de alta frecuencia en donde la aplicación del agua de riego es diaria y por lo tanto el bulbo de humedecimiento siempre está a capacidad de campo para el caso de suelo arenoso, por lo que:

$$N_n = ET_c - P_e - G_w \Delta w$$

Donde:

N_n = Necesidades netas del cultivo en mm/día

ETc = Evapotranspiración del cultivo en mm/día

Pe = Precipitación efectiva en mm/día

Gw = Aporte capilar por defecto del nivel friático en mm/día

Δw = Cambio de almacenamiento de agua del suelo en mm/día.

3.3.5. Volumen de agua consumida por pimiento morrón

En la determinación de volumen de agua en base a la evapotranspiración potencial, determinado por método de lisímetro y su valor del coeficiente de cultivo de la Irrigación Majes que fue calculado, en el presente trabajo de investigación, considerando la siguiente fórmula:

$$\text{Vol. (m}^3\text{/ha)} = \frac{\text{ETo} * \text{Kc} * 10}{\text{Ea}}$$

Donde:

Vol. = Volumen de agua (m³/ha)

ETo = Evapotranspiración de referencia (mm/día)

Kc = Coeficiente de cultivo (a dimensional)

Ea = Eficiencia de aplicación de agua al suelo, depende del sistema de riego, (goteo 0.9), esto significa que se debe regar con 10% más de agua.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. ETAPA I: ACCIONES PREVIAS

4.1.1. Determinación de propiedades físico del suelo

4.1.1.1. Capacidad de campo “Cc”

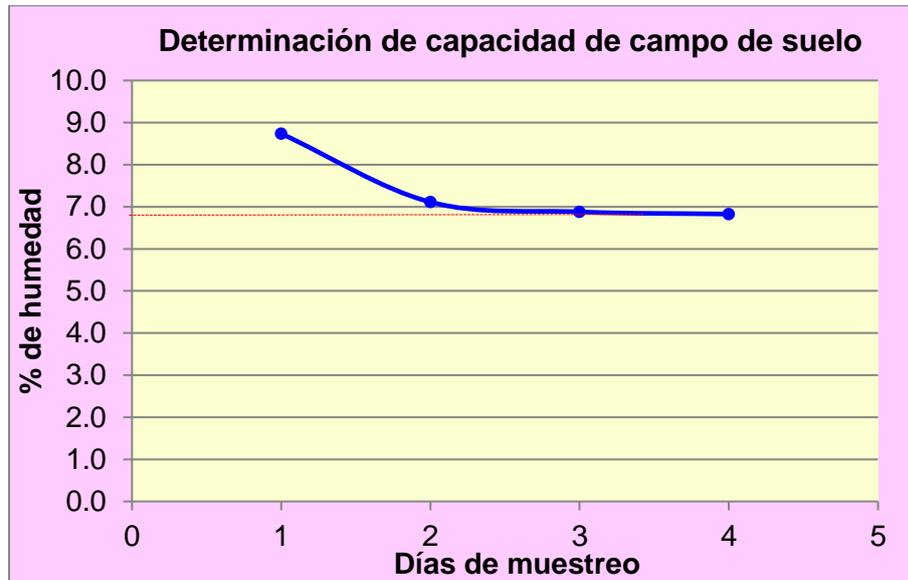
La muestra llevada al laboratorio de análisis agrícola de Autodema y el resultado obtenido se muestra en el cuadro 4.1.

Cuadro 4.1: Resultado de capacidad de campo del suelo en lisímetro (2009).

| Día de muestreo | Hora | Código de muestra | Peso de suelo | | Porcentaje de % Humedad | |
|-----------------|---------|-------------------|---------------|----------|-------------------------|----------|
| | | | Psh (gr) | Pss (gr) | Por muestra | Promedio |
| 1 | 24 Hrs. | A - 4 | 100.059 | 92.003 | 8.756 | 8.74 |
| | | A - 5 | 100.078 | 92.033 | 8.741 | |
| | | A - 6 | 100.052 | 92.034 | 8.712 | |
| 2 | 48 Hrs. | A - 4 | 100.038 | 93.474 | 7.022 | 7.11 |
| | | A - 5 | 100.047 | 93.411 | 7.104 | |
| | | A - 6 | 100.021 | 93.295 | 7.209 | |
| 3 | 72 Hrs. | A - 4 | 100.018 | 93.931 | 6.480 | 6.88 |
| | | A - 5 | 100.031 | 92.926 | 7.646 | |
| | | A - 6 | 100.047 | 93.931 | 6.511 | |
| 4 | 96 Hrs. | A - 4 | 100.052 | 93.683 | 6.798 | 6.83 |
| | | A - 5 | 100.057 | 93.679 | 6.808 | |
| | | A - 6 | 100.071 | 93.634 | 6.875 | |

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 4.1, se muestran los porcentajes de humedad de suelo arenoso, de 25 cm., de profundidad desde el nivel del suelo, el valor que se mantiene constante es 6.88 y 6.83 % respectivamente, que están dentro del rango normal de 6 – 12 % para capacidad de campo, en suelos arenosos. Según Israelsen y Hansen, (1979).

Gráfico 4.1: Porcentaje de capacidad de campo de suelo de lisímetro.

Fuente: Elaboración propia del cuadro 4.1.

Del gráfico 4.1, se puede observar que el porcentaje de humedad del suelo en el lisímetro fue de 6.85 %.

4.1.1.2. Punto de marchitez permanente “PMP”

El punto marchitez permanente, se calculó mediante la fórmula de Briggs, y como resultado = 2.72 % según la recomendación de Fuentes Yagüe.

$$PMP = 0.302(Arcilla) + 0.102(Limo) + 0.0147(Arena)$$

$$PMP = 0.302 (2.50) + 0.102 (6.07) + 0.0147 (91.43)$$

$$PMP = 2.72 \%$$

4.1.1.3. Humedad fácilmente aprovechable “HFA”

Según la expresión matemática se calculó la humedad aprovechable total del suelo con la siguiente relación:

$$HAT = \frac{(6.85 - 2.72)}{100} * 25.0$$

$$HAT = 1.033$$

4.1.2. Análisis físico - químico del suelo

En el cuadro de referencia de análisis de suelo los datos obtenidos del laboratorio, sobre el análisis de suelo presenta una textura arenosa, por lo tanto este tipo de suelo es apto para el cultivo de pimiento, entonces decimos que el suelo arenoso de Irrigación Majes es favorable para el cultivo de pimiento.

Cuadro 4.2: Análisis de fertilidad en suelo experimental, Irrigación Majes, 2009.

| # Ord | Análisis mecánico (%) | | | Clase textural | M.O. | N (%) | CO ₃ (%) | Al ³⁺ me/100 | | | |
|----------|-----------------------|-------------|------------------|--------------------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------------|-----------------|----------------|---------|
| | Arena | Arcilla | Limo | | | | | | | | |
| 01 | 91.43 | 2.50 | 6.07 | Arena | 0.79 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | | | |
| # Ord | pH | CE ms/cm | CE (e). ms/cm | Elementos disponibles | | Cationes cambiables | | | | CIC me/100g | SB % |
| | | | | P ppm | K ppm | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | | |
| | | | | | | me/100 gr suelo | | | | | |
| 02 | 7.05 | 0.60 | 3.00 | 5.40 | 213 | NC | NC | NC | NC | NC | NC |

Fuente: Laboratorio de agua, suelo y abonos de la FCA – UNAP.

NC = No corresponde al tipo de análisis.

El contenido de nitrógeno y fósforo es bajo, y el potasio es alto; pH es ligeramente ácido, es adecuado para el cultivo de pimiento, por ser el cultivo tolerante a la acidez. El contenido de materia orgánica es deficiente; en cuanto a la conductividad eléctrica se considera débilmente salino y el carbonato de calcio es cero; por estas consideraciones, se permiten un normal desarrollo del cultivo de pimiento.

4.1.3. Análisis físico químico de agua para riego

De acuerdo a los resultados de análisis químico de agua de riego, se muestra que, son aguas consideradas dentro de la clasificación C1S1, lo que nos indica que presenta agua de salinidad media, agua que se puede usar casi en todos los casos y sin necesidad de prácticas especiales de control de la salinidad; así puede producirse plantas tolerantes moderadamente a las sales; por lo que el cultivo de pimiento no tuvo como limitante en su crecimiento y

desarrollo vegetativo por ser una especie de moderada tolerancia a la salinidad tanto del suelo como del agua de riego.

Cuadro 4.3: Análisis físico químico de agua de riego en Irrigación Majes, 2009.

| Característica químicas | Valores | Unidades | Observaciones |
|--|---------------|----------|---------------|
| pH | 7.00 | -- | Neutro |
| C.E. | 1.10 | mmhos/cm | No salino |
| Ca ⁺ (Calcio) ⁺ | 26.08 | mg/l | Normal |
| Mg ⁺⁺ (Magnesio) | 9.75 | mg/l | Normal |
| Na ⁺ (Sodio) | 2.75 | mg/l | Normal |
| K ⁺ (Potasio) | 1.75 | mg/l | Normal |
| Suma de cationes | 40.33 | | |
| Dureza total | 126.60 | mg/l | Normal |
| Alcalinidad | 87.09 | mg/l | Normal |
| Sólidos totales | 146.46 | mg/l | Normal |
| CL ⁻ (Cloruro) | 19.86 | mg/l | Normal |
| NO ₃ ⁻ (Nitrato) | 0.03 | mg/l | Normal |
| SO ₄ ⁼ (Sulfato) | 86.00 | mg/l | Normal |
| Suma de aniones | 105.89 | | |
| SAR | 0.18 | | Normal |
| Calidad | C1S1 | | Buena |

Fuente: Laboratorio de agua, suelo y abonos de la FCA UNA – PUNO.

4.1.4. Calibración de lisímetro

4.1.4.1. Calibración de tanque de cultivo del lisímetro

La prueba fue realizada, con fines de que el suelo del lisímetro se encuentre a capacidad de campo antes de la siembra del cultivo a investigar; esta actividad se realiza con el fin de que el agua de riego drene constante, esto nos favorece más precisión y rapidez de drenaje de agua aplicada en el primer riego realizado al momento de la siembra.

4.1.4.2. Calibración de depósito de aplicación del lisímetro

La calibración de altura de regla en cm del depósito con volumen, se determinaron las denominadas curvas de calibración, para el depósito alimentador de agua, resultando la siguiente ecuación: $Y = 2.3233X + 0.595$

X = Altura de regla en cm.

Y = Volumen de agua en litros.

4.1.4.3. Calibración de depósito de drenaje del lisímetro

La calibración de depósito para recolectar el agua drenada, del tanque de cultivo resultó la siguiente ecuación: $Y = 2.4417X - 0.1591$

Donde:

X = Altura de regla en cm, Y = Volumen de agua en litros.

4.2. ETAPA II: DE CONDUCCION EXPERIMENTAL Y TOMA DE DATOS

4.2.1. Evaluaciones fenológicas del cultivo pimiento

Cuadro 4.4: Duraciones de fases fenológicas del cultivo en investigación Majes

| Fases fenológicas | Observaciones durante el periodo vegetativo | fecha | (*) Días |
|--|---|------------|----------|
| FASE I: Etapa Inicial | Transplante de plántulas | 12/11/2009 | 21 |
| | inicio de prendimiento | 18/11/2009 | |
| | Crecimiento lento | 20/11/2009 | |
| FASE II: Etapa de desarrollo | 10% de cobertura vegetal | 04/12/2009 | 42 |
| | Fin de crecimiento lento | 11/12/2009 | |
| | Fin crecimiento rápido | 12/12/2009 | |
| | Inicio de floración | 05/01/2010 | |
| | 99.9 % de cobertura vegetal | 08/01/2010 | |
| FASE III: Etapa de media Temporada | desarrollo de fructificación | 20/01/2010 | 56 |
| | Fin de floración | 09/02/2010 | |
| | Maduración fisiológica | 24/02/2010 | |
| | Fin de crecimiento rápido | 26/02/2010 | |
| | Inicio de inducción de nuevos brotes | 04/03/2010 | |
| | Primera cosecha | 07/03/2010 | |
| FASE IV: Etapa Final | Termino de llenado futo | 10/03/2010 | 35 |
| | Segunda cosecha | 31/03/2010 | |
| | Fin de cosecha | 14/04/2010 | |

(*).- Fase observadas en la investigación

En cuadro 4.4, se representa los días de fase fenológica del cultivo de pimiento en la investigación, las observaciones se realizó semanalmente durante 154 días después de transplante.

4.2.2. Altura de planta durante el periodo del cultivo

Se puede apreciar en el cuadro 4.5, las evaluaciones semanales promediadas.

Cuadro 4.5: Altura de planta por fase fenológico de pimiento morrón - Cierzo.

| Etapas fenológicas | N° semana | fecha | Altura planta (cm) | Observaciones |
|-----------------------|-----------|------------|--------------------|---|
| Etapa inicial | 0 | 12/11/2009 | 7.4 | Transplante |
| | 1 | 18/11/2009 | 7.4 | Inicio de prendimiento |
| | 2 | 25/11/2009 | 7.62 | Crecimiento lento |
| | 3 | 02/12/2009 | 7.84 | 10 % de cobertura vegetal |
| Etapa de desarrollo | 4 | 09/12/2009 | 9.84 | Crecimiento lento |
| | 5 | 16/12/2009 | 11.8 | Crecimiento rápido |
| | 6 | 23/12/2009 | 16.21 | |
| | 7 | 30/12/2009 | 20.4 | |
| | 8 | 06/01/2010 | 25.4 | Inicio de floración |
| Etapa media temporada | 9 | 13/01/2010 | 28.63 | 100 % cobertura vegetal desarrollo del fruto |
| | 10 | 20/01/2010 | 32.6 | |
| | 11 | 27/01/2010 | 35.37 | |
| | 12 | 03/02/2010 | 40.63 | |
| | 13 | 10/02/2010 | 45.84 | Fin de floración |
| | 14 | 17/02/2010 | 49 | |
| | 15 | 24/02/2010 | 52.42 | Maduración fisiológica |
| | 16 | 03/03/2010 | 54.78 | Inducción de nuevos brotes |
| | 17 | 10/03/2010 | 56.58 | Termino de llenado de fruto |
| | 18 | 17/03/2010 | 56.47 | |
| Etapa final | 19 | 24/03/2010 | 56.31 | Segunda cosecha |
| | 20 | 31/03/2010 | 54.79 | |
| | 21 | 07/04/2010 | 53.28 | |
| | 22 | 14/04/2010 | 53.2 | Final de cosecha |

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 4.5, se muestra el crecimiento de altura de la planta máximo 56.58 cm, promedio en la etapa media temporada, en la semana 17.

4.2.3. Diámetro foliar de la planta

Cuadro 4.6: Diámetro de área foliar de pimiento en Majes.

| Etapas fenológicas | N° semana | Fecha de eval. | Diámetro foliar (cm) |
|-----------------------|-----------|----------------|----------------------|
| Etapa inicial | ... | 12/11/2009 | 5.57 |
| | 1 | 18/11/2009 | 5.76 |
| | 2 | 25/11/2009 | 7.42 |
| | 3 | 02/12/2009 | 10.94 |
| Etapa de desarrollo | 4 | 09/12/2009 | 14.80 |
| | 5 | 16/12/2009 | 17.80 |
| | 6 | 23/12/2009 | 22.30 |
| | 7 | 30/12/2009 | 26.30 |
| | 8 | 06/01/2010 | 30.10 |
| Etapa media temporada | 9 | 13/01/2010 | 34.53 |
| | 10 | 20/01/2010 | 37.74 |
| | 11 | 27/01/2010 | 42.87 |
| | 12 | 03/02/2010 | 46.74 |
| | 13 | 10/02/2010 | 48.70 |
| | 14 | 17/02/2010 | 49.70 |
| | 15 | 24/02/2010 | 49.60 |
| | 16 | 03/03/2010 | 50.10 |
| | 17 | 10/03/2010 | 50.31 |
| | 18 | 17/03/2010 | 49.40 |
| Etapa final | 19 | 24/03/2010 | 48.87 |
| | 20 | 31/03/2010 | 48.75 |
| | 21 | 07/04/2010 | 48.60 |
| | 22 | 14/04/2010 | 48.58 |

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 4.6; muestra que en la etapa inicial comenzó con diámetro foliar mínimo de 5.57 cm., y máximo en la etapa final con 48.87 cm.

Gráfica 4.3: Comportamiento del diámetro de planta según fase fenológica.



Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica 4.3, se observa el diámetro de la planta con respecto a sus etapas fenológicas del cultivo de pimiento, y llegando con una cobertura 48.7 cm de diámetro de área foliar.

4.2.4. Área sombrada de la planta

Cuadro 4.7: Porcentaje de cobertura vegetal de pimiento en investigación.

| Etapas fenológicas | Semana | fecha | Área foliar (cm) | % de cobertura de área sombrada |
|-----------------------|--------|------------|------------------|---------------------------------|
| Etapa inicial | ... | 12/11/2009 | 146.2017 | 2.60 |
| | 1 | 18/11/2009 | 156.3461 | 2.78 |
| | 2 | 25/11/2009 | 259.4478 | 4.61 |
| | 3 | 02/12/2009 | 563.997 | 10.03 |
| Etapa de desarrollo | 4 | 09/12/2009 | 1032.204 | 18.35 |
| | 5 | 16/12/2009 | 1493.077 | 26.54 |
| | 6 | 23/12/2009 | 2343.429 | 41.66 |
| | 7 | 30/12/2009 | 3259.52 | 57.95 |
| | 8 | 06/01/2010 | 4269.482 | 75.90 |
| Etapa media temporada | 9 | 13/01/2010 | 5619.778 | 99.91 |
| | 10 | 20/01/2010 | 6711.907 | |
| | 11 | 27/01/2010 | 8659.276 | |
| | 12 | 03/02/2010 | 10294.84 | |
| | 13 | 10/02/2010 | 11176.35 | |
| | 14 | 17/02/2010 | 11640.05 | |
| | 15 | 24/02/2010 | 11593.26 | |
| | 16 | 03/03/2010 | 11828.17 | |
| | 17 | 10/03/2010 | 11927.54 | |
| | 18 | 17/03/2010 | 11499.95 | |
| Etapa final | 19 | 24/03/2010 | 11254.52 | |
| | 20 | 31/03/2010 | 11199.31 | |
| | 21 | 07/04/2010 | 11130.5 | |
| | 22 | 14/04/2010 | 11121.34 | |

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar en el cuadro 4.7; que en la fase media temporada alcanzó a completar al 100% de cobertura vegetal. Esto significa que el suelo está completamente cubierta por el área foliar de la planta; es decir que la evaporación de agua en el suelo disminuirá debido a que la radiación solar no llega directamente al suelo.

4.2.5. Rendimiento obtenido en la cosecha

En el cuadro 4.8, se presenta los resultados consolidados de acuerdo observaciones obtenidas en la cosecha del cultivo de pimiento en campaña 2009 a 2010, mediante el sistema lisímetro de drenaje.

Cuadro 4.8: Producción y rendimiento del fruto del cultivo de pimiento.

| Determinación | lisímetro A-4 | lisímetro A-5 | lisímetro A-6 | Promedio |
|-------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| Nº de planta (Unid) | 41.00 | 38.00 | 40.00 | 40.00 |
| Peso promedio/fruto (g) | 120.98 | 197.55 | 159.26 | 159.26 |
| peso máximo/fruto (g) | 246.00 | 253.00 | 248.00 | 249.00 |
| peso mínimo/fruto (g) | 80.60 | 77.89 | 78.65 | 79.05 |
| Peso/Lisímetro (Kg) | 27.16 | 27.55 | 25.55 | 26.75 |
| Rendimiento (Kg/Ha) | 20118.52 | 20407.41 | 16703.70 | 19076.54 |
| Rendimiento (Tn/Ha) | 20.12 | 20.41 | 16.70 | Total: 57.23 |

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 4.8, se presenta que el peso promedio de gramo de pimiento por fruto fue 159.26 gr; el peso máximo del fruto es de 249.00 gr, y el peso mínimo es 79.05, lo que resultó al final una producción de 19076.54 de fruto de pimiento.

El logro del rendimiento de pimiento variedad cierzo, se atribuye a que las condiciones de tiempo son favorables ocurridas en la campaña de investigación, como también el aprovisionamiento adecuado permanente humedad de suelo en la zona radicular de las plantas, labores culturales oportunas, en resumen una conducción adecuada del cultivo en el sistema de lisímetro tipo drenaje.

Al respecto, Consorcio Perú – Murcia “Copemur S.A.C. (2010)”, en Irrigación Majes informa, que llegaron hasta obtener con un rendimiento de 54.0 t/ha, de pimiento morrón variedad cierzo, se puede ver en el anexo A11.

Por lo tanto digo que el rendimiento obtenido en la investigación es relativamente mayor que el de Copemur S.A.C., en el año 2010.

4.3. ETAPA III: DE PROCESAMIENTO DE DATOS DE INVESTIGACION

4.3.1. Evapotranspiración real del cultivo por método directo

La evapotranspiración para las fases del periodo vegetativo del cultivo pimiento variedad cierzó; se obtuvieron por las lecturas directas y diarias del consumo de agua en el depósito de alimentador y la del drenaje, que ha instalado como parte del sistema lisímetro para el cultivo. Los valores de evapotranspiración del cultivo diaria se ilustran en el anexo A2.

Cuadro 4.9: ETc por método de lisímetro, en función a su fase vegetativa.

| Fases fenológicas | Semanas | (*) Evapotranspiracion real (mm) | | |
|----------------------------|---------|----------------------------------|------------|----------|
| | | ETc (Semana) | ETc (fase) | (*) Días |
| Etapa I: Inicial | 1 | 17.96 | 56 | 21 |
| | 2 | 18.12 | | |
| | 3 | 19.60 | | |
| Etapa II: Desarrollo | 4 | 21.55 | 166.14 | 42 |
| | 5 | 25.07 | | |
| | 6 | 26.79 | | |
| | 7 | 29.03 | | |
| | 8 | 30.37 | | |
| | 9 | 33.33 | | |
| Etapa III: Media temporada | 10 | 34.89 | 290.06 | 56 |
| | 11 | 36.42 | | |
| | 12 | 38.00 | | |
| | 13 | 37.96 | | |
| | 14 | 37.47 | | |
| | 15 | 35.78 | | |
| | 16 | 35.64 | | |
| | 17 | 33.89 | | |
| Etapa IV: Final | 18 | 32.43 | 139.17 | 35 |
| | 19 | 30.14 | | |
| | 20 | 26.99 | | |
| | 21 | 26.02 | | |
| | 22 | 23.60 | | |
| Total de ETc - campaña | | 651.06 | 651.06 | 154 |

(*) Duración de etapas determinadas en la investigación

En el cuadro 4.9, se presenta los resultados consolidados de la evapotranspiración del cultivo según fases fenológicas de pimiento; en el cual, la variación de la evapotranspiración del cultivo de pimiento está en función directa del estado de desarrollo de las plantas.

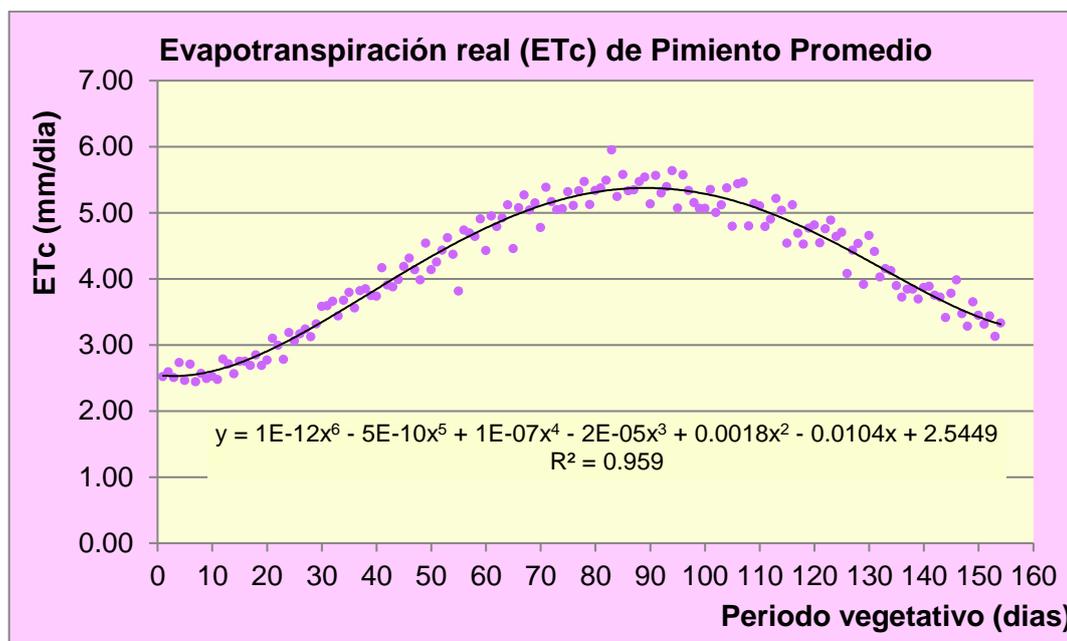
Como se muestra en el cuadro 4.9, la evapotranspiración del cultivo de pimiento determinado por el método de lisímetro fue de 651.06 mm., de lamina hídrica (6510.6 m³/ha), siendo las fases de mayor consumo en la etapa de desarrollo con 167.14 mm, y en la fase media temporada con 290.06 mm, maduración fisiológica con 139.17 mm de lamina de agua, donde las plantas alcanzaron los mayores crecimientos de la altura y diámetro de área sombreada por planta al suelo, desarrollándose aquí una mayor actividad fisiológica de las plantas. Es más, las temperaturas medias y la evapotranspiración potencial, fueron superiores, factores que inciden una mayor evapotranspiración del cultivo.

La información señalada en el cuadro 4.9, se muestra como resultados de ETc de pimiento en el sistema lisímetro para las condiciones de la zona, al momento puede considerarse la confiabilidad, no sólo por el carácter de condición adecuada del cultivo, sino también por integrar “in situ” las condiciones locales reales de los factores influyentes de la evapotranspiración real del cultivo pimiento, motivo de estudio. Tal es el caso de las temperaturas medias registradas para la campaña agrícola 2009 – 2010.

En la gráfica 4.4, se ilustra la variación de la evapotranspiración del comportamiento real cultivo de pimiento, obtenido por el método de lisímetro a través del registro diario del consumo de lamina de agua dentro del tanque de

cultivo (lisímetro), mostrándose los puntos máximo y mínimo, variación que obedece a los cambios meteorológicos de la campaña agrícola 2009 – 2010 y el estado de desarrollo del cultivo durante el periodo vegetativo de 154 días.

Gráfica 4.4: Comportamiento y variación de línea de tendencia de ETc diaria



Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. Evapotranspiración potencial por tres métodos

Para la determinación de evapotranspiración potencial, se ha empleado tres métodos directos e indirectos; método de lisímetro, de tanque de evaporación y una estación agroclimática, en función a las variables climáticas de la Irrigación Majes; donde los resultados se observan en el anexo A6.

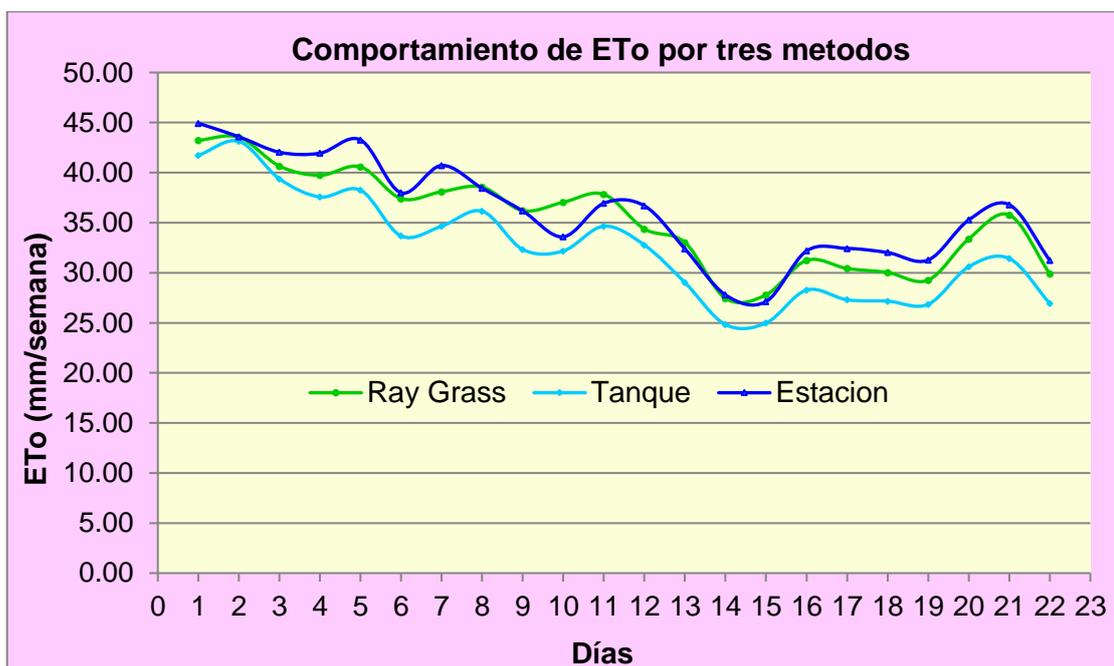
Para estimar la evapotranspiración potencial de acuerdo a cada método por fases fenológicas, ocurridos durante el periodo vegetativo del cultivo de pimiento, se optó para calcular la ETo promedios para cada mes en mm/día.

Cuadro 4.10: Resumen de evapotranspiración potencial por tres métodos.

| Evapotranspiración potencial (mm) | Evapotranspiración potencial (mm); por tres métodos | | |
|-----------------------------------|---|-----------------------------|------------------------------|
| | Por lisímetro (Pasto ray grass) | Por (Tanque de evaporación) | Por (Estación agroclimática) |
| Promedio | 35.25 | 32.45 | 36.13 |
| Máxima | 43.53 | 43.13 | 44.93 |
| Mínima | 27.45 | 24.83 | 27.12 |
| Total campaña | 775.52 | 713.81 | 794.82 |

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 4.5: Evapotranspiración potencial determinado por tres métodos.



Fuente: Elaboración propia.

Del gráfica 4.5, se puede apreciar que el comportamiento de evapotranspiración potencial, calculada, por el método directo de lisímetro es cercano a los valores de evapotranspiración potencial calculada por método de estación agroclimática. Los valores calculados por el método de lisímetro se comportan como promedio de los métodos de tanque de evaporación y de la estación agroclimática, por lo tanto los resultados de método directo se utilizaron para calcular el coeficiente de cultivo de pimiento morrón en la Irrigación Majes.

4.3.2.1. Evapotranspiración potencial por método lisimetría

La evapotranspiración potencial determinado por método directo de lisímetro para la campaña 2009 – 2010, paralelamente al periodo vegetativo del cultivo pimiento; se obtuvieron por las lecturas directas y diarias del consumo de agua por el pasto ray grass en el depósito de alimentador y depósito de drenaje, que ha instalado como parte del sistema lisímetro para el cultivo. Los valores de evapotranspiración potencial del cultivo de referencia diaria, se ilustran en el anexo A3.

Cuadro 4.11: Resumen de evapotranspiración potencial por método lisímetro

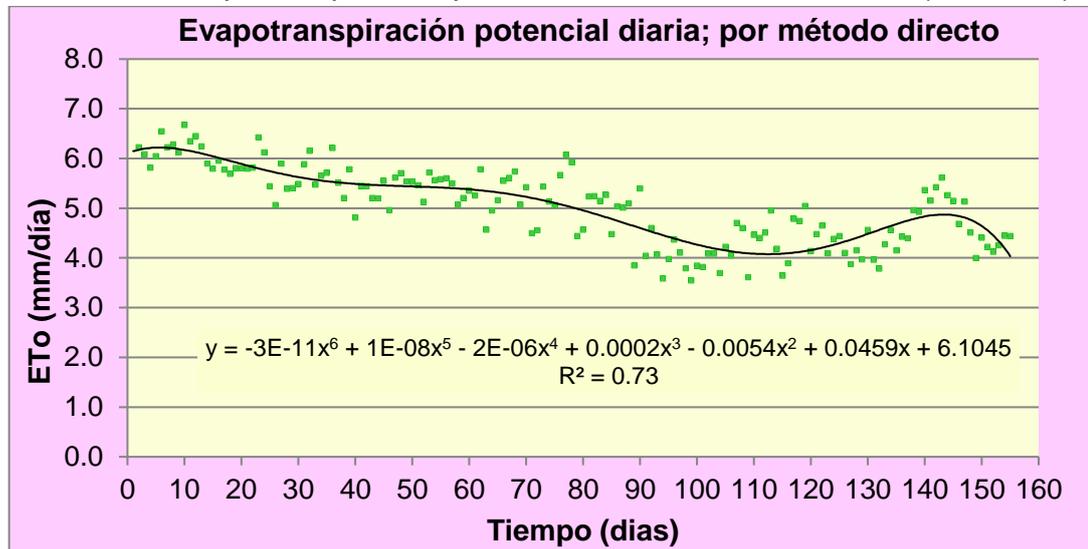
| Mes | Semana | Evapotranspiración potencial (ET _o) (mm) | |
|--------------------|--------|--|---------------------------|
| | | ET _o (mm/semana) | ET _o (mm/ mes) |
| Noviembre del 2009 | 1 | 43.23 | 127.41 |
| | 2 | 43.53 | |
| | 3 | 40.65 | |
| Diciembre del 2009 | 4 | 39.74 | 153.79 |
| | 5 | 40.58 | |
| | 6 | 37.40 | |
| | 7 | 38.10 | |
| Enero del 2010 | 8 | 38.56 | 145.47 |
| | 9 | 36.20 | |
| | 10 | 37.04 | |
| | 11 | 37.85 | |
| | 12 | 34.38 | |
| Febrero del 2010 | 13 | 33.03 | 119.50 |
| | 14 | 27.45 | |
| | 15 | 27.79 | |
| | 16 | 31.24 | |
| Marzo del 2010 | 17 | 30.43 | 123.10 |
| | 18 | 30.03 | |
| | 19 | 29.27 | |
| | 20 | 33.38 | |
| Abril del 2010 | 21 | 35.78 | 65.66 |
| | 22 | 29.89 | |
| Promedio (mm/día) | | 35.25 | 122.49 |
| Máximo (mm/día) | | 43.53 | 153.79 |
| Mínimo (mm/día) | | 27.45 | 65.66 |

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 4.11; se puede apreciar los valores calculados de evapotranspiración potencial semanal por método directo de lisímetro, la ET_o

máxima con 43.53 mm/semana, ETo promedio con 35.25 mm/semana y ETo mínimo de 27.45 mm/semana.

Gráfica 4.6: Evapotranspiración potencial diaria - Método directo (Lisímetro).



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 4.6, se puede observar que la evapotranspiración máxima de suma fue 43.53 mm, en la semana del mes de noviembre del 2009, mientras que la mínima de la suma fue de 27.45 mm, en la semana 14 del febrero del 2010.

4.3.2.2. Evapotranspiración potencial por tanque evaporación clase "A"

Para determinar la evapotranspiración potencial, fue calculada por el método de tanque clase "A", los registros de evaporación (E_o) y cálculo de evapotranspiración potencial diaria, se observan en el anexo A4, y considerando un coeficiente de tanque K_t de 0.75, se puede observar en el anexo A8.

$$E_{To} = E_o * K_t$$

Donde:

E_{To} = Evapotranspiración de referencia.

E_o = Evaporación en el tanque clase “A”.

K_t = Factor de tanque.

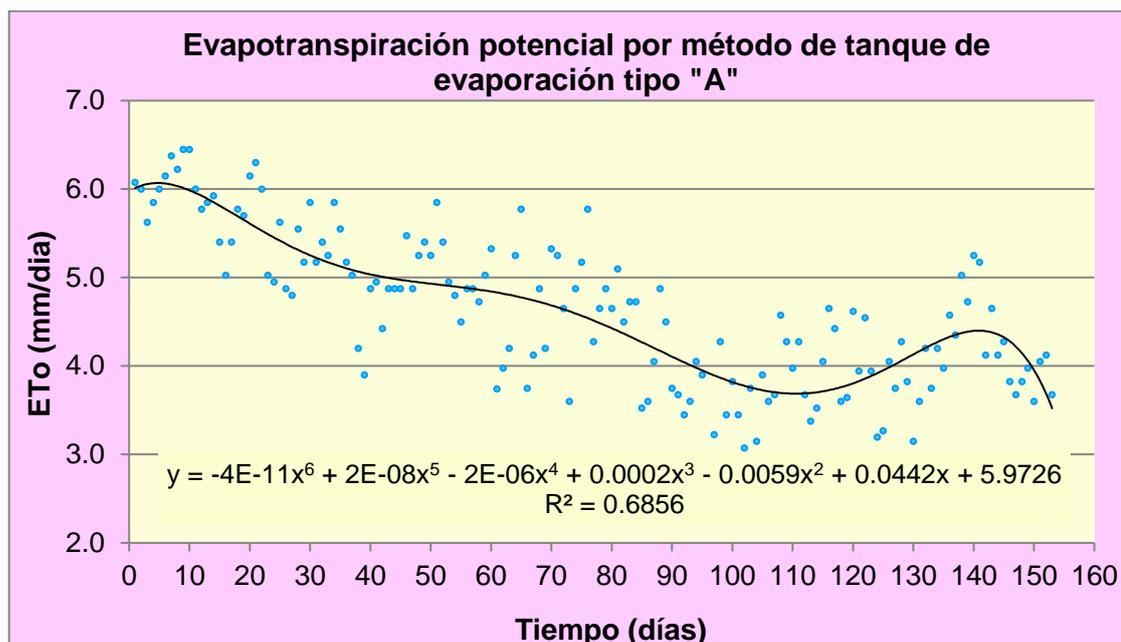
Cuadro 4.12: Resumen de ETo por tanque de evaporación clase “A”

| Mes | Semana | ETo Tanque clase "A" | |
|--------------------|--------|----------------------|-------------------|
| | | ETo semanal | ETo total mensual |
| Noviembre del 2009 | 1 | 41.72 | 124.22 |
| | 2 | 43.13 | |
| | 3 | 39.38 | |
| Diciembre del 2009 | 4 | 37.58 | 142.05 |
| | 5 | 38.25 | |
| | 6 | 33.68 | |
| | 7 | 34.65 | |
| Enero del 2010 | 8 | 36.15 | 132.14 |
| | 9 | 32.54 | |
| | 10 | 32.18 | |
| | 11 | 34.65 | |
| | 12 | 32.78 | |
| Febrero del 2010 | 13 | 29.03 | 107.10 |
| | 14 | 24.83 | |
| | 15 | 24.98 | |
| | 16 | 28.28 | |
| Marzo del 2010 | 17 | 27.15 | 111.77 |
| | 18 | 27.17 | |
| | 19 | 26.85 | |
| | 20 | 30.60 | |
| Abril del 2010 | 21 | 31.43 | 58.35 |
| | 22 | 26.93 | |
| Promedio | | 32.45 | 112.61 |
| Máximo | | 43.13 | 142.05 |
| Mínimo | | 24.83 | 58.35 |

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 4.12: se presenta que la evapotranspiración potencial por método de tanque de evaporación clase “A”, registra como valor máximo de 43.13 mm/semana, promedio con 32.45 mm/semana y valor mínimo con 24.83 mm/semana.

Gráfica 4.7: Evapotranspiración potencial diaria, por método tanque clase “A”.



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 4.7, se observa que la evapotranspiración máxima calculada fue de 43.13 mm en la semana dos del mes de del 2009, mientras que la mínima 24.83 mm, registrada en la semana 14 del mes febrero del 2010.

4.3.2.3. Evapotranspiración potencial por estación agroclimática

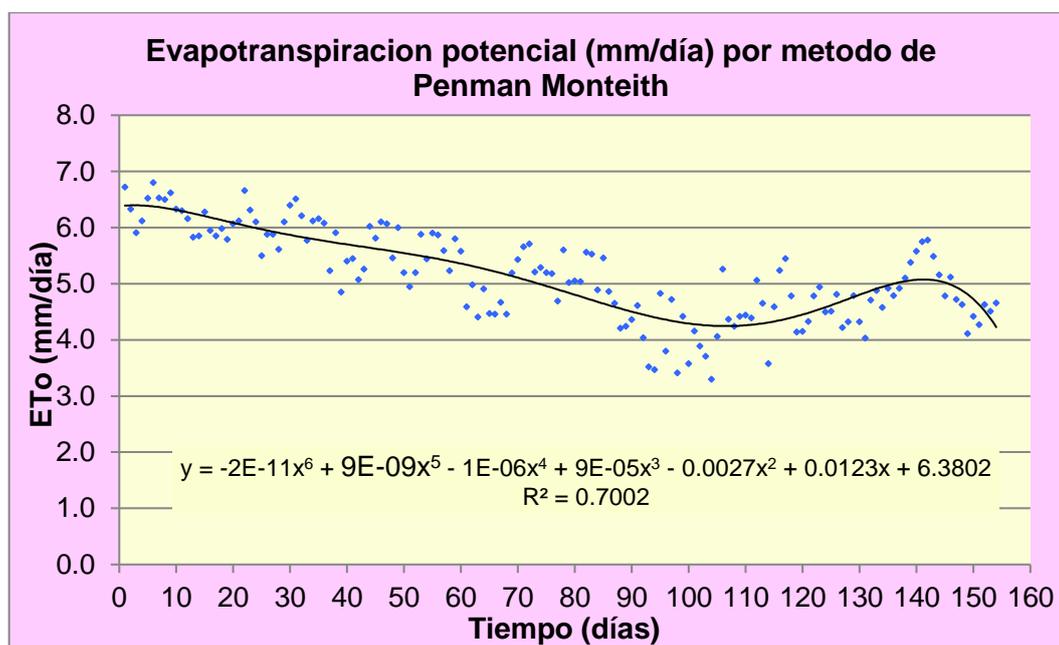
La estación agroclimática automática marca Ventage, que reporta la evapotranspiración potencial diaria, este equipo nos facilita a obtener los datos la evapotranspiración potencial o de referencia que es calculado por el método de Penman Monteith, y como resultados se muestra en el anexo A5.

Cuadro 4.13: Resumen de ETo, por estación agroclimática.

| Mes | N° Semana | ETo por método Estación agroclimática | |
|--------------------|-----------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| | | Evapotranspiracion potencial semanal | Evapotranspiracion potencial mensual |
| Noviembre del 2009 | 1 | 44.93 | 6.23 |
| | 2 | 43.59 | |
| | 3 | 42.04 | |
| Diciembre del 2009 | 4 | 41.94 | 5.85 |
| | 5 | 43.27 | |
| | 6 | 37.99 | |
| | 7 | 40.72 | |
| Enero del 2010 | 8 | 38.44 | 5.18 |
| | 9 | 36.18 | |
| | 10 | 33.59 | |
| | 11 | 36.94 | |
| | 12 | 36.69 | |
| Febrero del 2010 | 13 | 32.39 | 4.34 |
| | 14 | 27.79 | |
| | 15 | 27.12 | |
| | 16 | 32.18 | |
| Marzo del 2010 | 17 | 32.43 | 4.67 |
| | 18 | 32.02 | |
| | 19 | 31.27 | |
| | 20 | 35.27 | |
| Abril del 2010 | 21 | 36.80 | 4.86 |
| | 22 | 31.23 | |
| Promedio | | 36.13 | 5.19 |
| Máximo | | 44.93 | 6.23 |
| Mínimo | | 27.12 | 4.34 |

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 4.13: Podemos observar que la evapotranspiración potencial como resultado tenemos el máximo valor con 44.93 mm/semana, promedio es 36.13 mm/semana y como valor mínimo con 27.12 mm/semana.

Gráfico 4.8: Evapotranspiración potencial diaria, de estación agroclimática

Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica 4.8, se observa que la evapotranspiración máxima calculada total fue de 44.93 mm, en primero de noviembre del 2009, mientras que la mínima total es de 27.12 mm, registrada en la semana 15 febrero del 2010.

4.3.3. Coeficiente “Kc” de cultivo pimiento morrón - cierz

Existe varias fuentes para asumir los coeficiente de cultivo (Kc), así tenemos la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), ya que esta publica sus respectivos resultados como la diferencia a una información técnica y no para asumirlos, porque esta varía de acuerdo a las condiciones climáticas y edáficas propias de cada zona; por lo que es necesario obtener valores de Kc para las condiciones de la Irrigación Majes. Y los valores de evapotranspiración potencial obtenida por los métodos

de tanque clase “A” y de la estación agroclimático (por método de Penman Monteith) han servido como datos de referencia, para monitorear el comportamiento de evapotranspiración por el método de lisímetro, se puede apreciar en el anexo A2.

Obtenido los registros diarios de evapotranspiración real del cultivo de pimiento, se dividieron entre la evapotranspiración potencial diaria calculada por el método directo o de lisímetro, instalado con pasto ray grass. Así obteniendo los valores de coeficiente de cultivo para el método directo de lisímetro, luego promediarlos por cada semana resultando (Kc semanales), que se observan en el cuadro 4.14, a continuación.

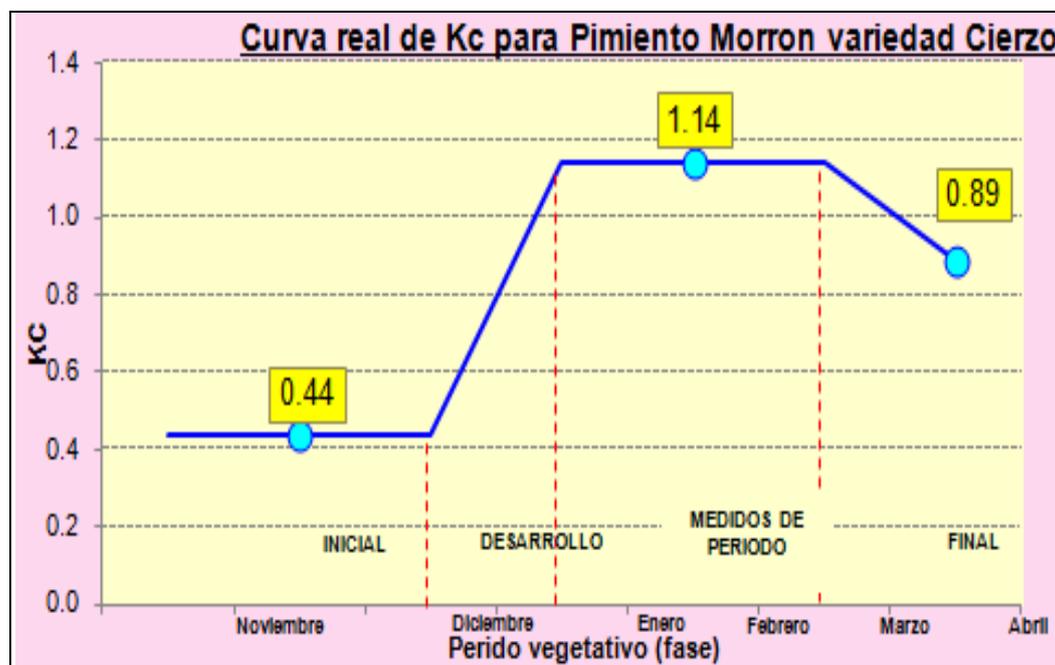
Cuadro 4.14: Coeficiente de Kc real de pimiento en función al ETo de pasto.

| FASES | N° de semanas | Coeficiente de cultivo Pimiento morrón var. Cierzo | |
|----------------------------------|---------------|--|--------------------------|
| | | Kc por semana | Kc según fase fenológica |
| ETAPA I: Inicial | 1 | 0.42 | 0.44 |
| | 2 | 0.42 | |
| | 3 | 0.48 | |
| ETAPA II: Desarrollo | 4 | 0.55 | 0.79 |
| | 5 | 0.62 | |
| | 6 | 0.72 | |
| | 7 | 0.76 | |
| | 8 | 0.79 | |
| | 9 | 0.92 | |
| ETAPA III: Media temporada | 10 | 0.95 | 1.14 |
| | 11 | 0.97 | |
| | 12 | 1.11 | |
| | 13 | 1.16 | |
| | 14 | 1.37 | |
| | 15 | 1.29 | |
| | 16 | 1.15 | |
| | 17 | 1.13 | |
| ETAPA IV: Final | 18 | 1.08 | 0.89 |
| | 19 | 1.04 | |
| | 20 | 0.82 | |
| | 21 | 0.73 | |
| | 22 | 0.79 | |

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro 4.14, los datos de K_c , fueron graficados para una mejor interpretación y resultando el siguiente grafica 4.9, como se muestra a continuación.

Gráfica 4.9: Coeficiente K_c real de pimiento en función al “ETo” de pasto.



Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica 4.9, se desprende que el cultivo de pimiento presenta cuatro etapas de desarrollo bien definidas con una duración extendida de la etapa inicial al igual que la de desarrollo y una corta duración de la etapa máxima demanda de agua, culminado su periodo con un de crecimiento en la etapa final de periodo vegetativo.

En la gráfica 4.9, se ilustra las curvas del coeficiente de cultivo, determinados por el método directo para la ETo, en cultivo de pimiento morrón variedad cierzo en la campaña 2009 a 2010 para condiciones de Irrigación Majes; los valores de K_c promedio tenemos; K_c inicial con 0.44, K_c desarrollo con 0.79, K_c mediados de periodo con 1.14 y K_c final 0.89, los resultados obtenidos en la fase inicial hace saber que es la etapa de menor consumo de

agua, y el máximo valor se da en la etapa desde mediados, el cual nos indica que es la etapa de mayor consumo de agua.

4.3.4. Necesidades netas de cultivo

Como resultado es preciso anotar que en la irrigación Majes la precipitación efectiva (Pe) fue nula en el periodo de investigación; en cuanto al aporte capilar (Gw) en la zona no es importante, porque el nivel freático está muy profundo. Finalmente, el cambio de almacenamiento de agua del suelo (Δw) no se toma en cuenta, por cuanto el sistema de riego por goteo es de alta frecuencia en donde la aplicación del agua de riego es diaria y por lo tanto el bulbo de humedecimiento siempre está a capacidad de campo, por lo tanto nuestra formula se reduce de la siguiente forma:

$$N_n = ET_c - P_e - G_w - \Delta w$$

$$N_n = ET_c$$

Donde:

N_n = Necesidades netas del cultivo en mm/día

ET_c = Evapotranspiración del cultivo en mm/día

Cuadro 4.15: Necesidades netas del cultivo pimiento para la Irrigación Majes.

| Fases fenológicas | Necesidades netas del cultivo (mm/fase) |
|-----------------------------|---|
| ETAPA I: Inicial | 55.69 |
| ETAPA II: Desarrollo | 166.14 |
| ETAPA III: Media temporada | 290.06 |
| ETAPA IV: Final | 139.17 |
| Total de N_n (mm/campaña) | 651.06 |

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 4.15, se puede apreciar que la necesidad neta es igual a la evapotranspiración real del cultivo, para caso de Irrigación Majes.

4.3.5. Volumen de agua utilizado para pimiento morrón

La determinación del volumen de agua a reponer en el riego, es aplicar agua perdida por evapotranspiración del cultivo de pimiento del día anterior a reponer, observan en el anexo A7.

Cuadro 4.16: Comparación de volumen de agua actual e investigación Majes.

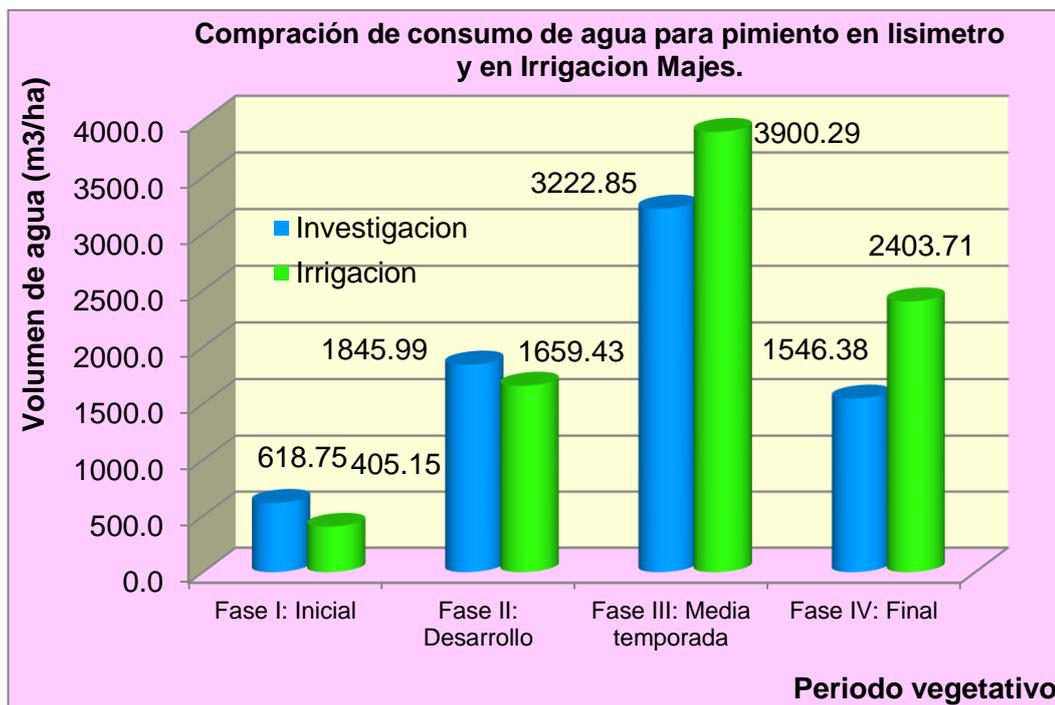
| Fases fenológica | Volumen de agua (m ³ /ha): | |
|------------------------------------|--|---|
| | Consumida en Investigación con conocimiento de Kc. | Utilizada en Irrigación sin conocimiento de Kc. |
| FASE I: Inicial | 618.75 | 405.15 |
| FASE II: Desarrollo | 1845.99 | 1659.43 |
| FASE III: Media temporada | 3222.85 | 3900.29 |
| FASE IV: Final | 1546.38 | 2403.71 |
| Total campaña (m ³ /ha) | 7233.97 | 8368.58 |

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 4.16, se observa claramente, la comparación de agua consumida por las plantas y el volumen utilizado en la Irrigación Majes, sin el conocimiento real del coeficiente de cultivo para pimiento morrón variedad Cierzo

Como resultado tenemos para el cultivo investigado es 7,233.97 m³/ha., y según la información adquirida de Centro de Reconversión Agrícola de Autodema; el volumen de agua que normalmente utilizan en la Irrigación Majes es 8,368.58 m³/ha, y existe una diferencia 1,134.61 m³/ha/campaña.

Gráfico 4.10: Volúmenes de agua en investigación y en Irrigación Majes.



Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica 4.10, se observa claramente que la demanda de agua requerida para el cultivo pimiento aumenta conforme que va creciendo según su periodo vegetativo, es decir un consumo total ha llegando en su etapa más crítica con un volumen de agua aplicada hasta 3,222.85 m³/ha. Se puede apreciar los valores de comparación de volumen de agua en investigación y en la Irrigación Majes.

V. CONCLUSIONES RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. La evapotranspiración real “ETc” para pimiento es 651.06 mm de lamina de agua transpirada (6,510.6 m³/ha/campaña) para el periodo vegetativo de 154 días, que varía en función a las etapas vegetativos del cultivo, así fue la demanda de agua consumida para el cultivo de pimiento durante la campaña agrícola 2009 a 2010.
2. Las fases fonológicas comprende de 154 días, y los valores de kc, inicial es 0.44, etapa media temporada es 1.14, y por último en la etapa final con 0.89, esto debido a razones de desarrollo del cultivo y en función a la climatología de la Irrigación.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones similares al presente trabajo para diferentes períodos de siembra con el fin de determinar el comportamiento de la evapotranspiración en el área de la Irrigación de Majes.
2. Difundir a nivel de productores los resultados de la presente investigación en la Irrigación Majes.

VI. REFERENCIA BIBLIOGRAFIA

1. AUTODEMA, Boletín Técnico, (2007), “Consumo de agua por los cultivos”. Gerencia de Gestión de Recursos Hídricos, Arequipa - Majes.
2. CASSERES, E. (1980), “Producción de hortalizas”. 3° edición, Edit. San José Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa - Rica.
3. DOORENBOS W. O. y PRUIT (1987), “Las Necesidades de agua de los cultivos”. Estudio FAO riego y drenaje manual 24, Roma - Italia.
4. FAO Manual N° 56, (2006), “Evapotranspiración del cultivo: Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos”. Estudio FAO Riego y Drenaje; Boletín N° 56. Roma.
5. FUENTES, J. (2003), “Técnicas de riego”. 4° edición, Edit. Mundi – Prensa, Madrid.
6. ELIAS, F. y CASTELLVI, F. (1996), “Agro meteorología: Ministerio de Pesca y Alimentación”. Edit. Mundi Prensa, España.
7. GARCÍA, J. (1992), “Agro meteorológica: Energía y agua a la agricultura”. Edit. Martel. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima – Perú.
8. GUROVICH, L. (1999), “Riego superficial tecnificado” 4ta edición, Universidad Católica de Chile.
9. ISRAELSEN, W. y HANSEN, E. (1979), “Principios y aplicaciones del Riego”; 2° edición, Edit. Reverte S.A. Traducido por el Ing. Agrónomo García Palacios A. Barcelona – España.
10. MAROTO, J. (2002), “Horticultura herbáceo especial”, 5° edición, Edit. Mundi - Prensa, Madrid España.

11. MONSALVE, G. (1999), "Hidrología de la Ingeniería", 2° edición. Edit. Alfa y Omega, Escuela de Colombia.
12. PIZARRO, F. (1996), "Riegos Localizados de alta Frecuencia Goteo, micro aspersión y Exudación". (RLAF), 3° edición, Edit. Mundi – Prensa, Madrid – Barcelona – México.
13. REYES, L. (1992), "Hidrología Básicas: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnologías", CONCYTEC, Lima – Perú.
14. OLALLA y VALERO, J. (1993), "Agronomía del Riego", edit. Mundi - prensa, Madrid - España.
15. SERRUTO, R. (1987), "Riego y Drenaje". Universidad Nacional del Altiplano, Puno - Perú.
16. VÁSQUEZ, A. y CHANG, L. (1992), "El riego" Tomo I, Lima – Perú.
17. VASQUEZ A. y VASQUEZ I. (s.f.), "Principios básicos del riego"; Universidad la Molina, Perú - Lima.

PAGINA DE INTERNET

18. www.infoagro.com/hortalizas/pimiento.asp
19. Manual de Misti: <http://es.scribd.com/doc/16619403/Capsicum-Annumm>
20. <http://www.biblioteca.ueb.edu.ec/bitstream/15001/174/1/TESIS.pdf>
21. <http://www.slideshare.net/fullscreen/AgrounicaBlogspot/paprika-manual/1>
22. <http://www.horticom.com/tematicas/pimientos/pdf/capitulo7.pdf>

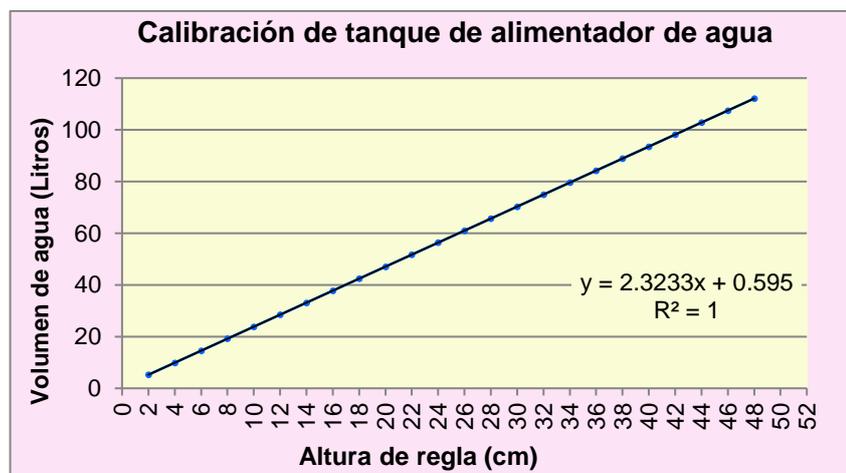
VII. ANEXOS

Anexo A.1: Calibración de los depósitos de alimentación y drenaje de agua.

Cuadro A1.1: Calibración del depósito de alimentación de agua al lisímetro

| Datos medidos en campo | | Datos generado a partir del datos de campo | | | |
|------------------------|------------------|--|------------------|-------------|------------------|
| Altura (cm) | Volumen (litros) | Altura (cm) | Volumen (litros) | Altura (cm) | Volumen (litros) |
| 6 | 14.54 | 2 | 5.24 | 26.00 | 61.00 |
| 12 | 28.47 | 4 | 9.89 | 28.00 | 65.65 |
| 18 | 42.41 | 6 | 14.53 | 30.00 | 70.29 |
| 24 | 56.36 | 8 | 19.18 | 32.00 | 74.94 |
| | | 10 | 23.83 | 34.00 | 79.59 |
| | | 12 | 28.47 | 36.00 | 84.23 |
| | | 14 | 33.12 | 38.00 | 88.88 |
| | | 16 | 37.77 | 40.00 | 93.53 |
| | | 18 | 42.41 | 42.00 | 98.17 |
| | | 20 | 47.06 | 44.00 | 102.82 |
| | | 22 | 51.71 | 46.00 | 107.47 |
| | | 24 | 56.35 | 48.00 | 112.11 |

Gráfica A1.1: Calibración del depósito de alimentación de agua

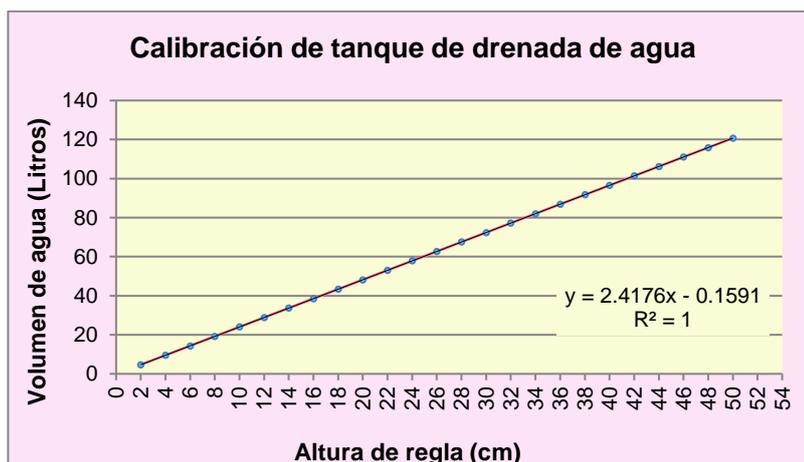


Cuadro A1.2: Calibración del depósito de drenaje de agua.

| Datos medidos en campo | |
|------------------------|------------------|
| Altura (cm) | Volumen (litros) |
| 2 | 5.4 |
| 8 | 19.8 |
| 14 | 34.2 |
| 20 | 48.6 |
| 26 | 63 |
| 32 | 77.4 |
| 38 | 91.8 |
| 44 | 106.2 |
| 50 | 120.6 |

| Datos generado a partir del dato del campo | | | |
|--|------------------|-------------|------------------|
| Altura (cm) | Volumen (litros) | Altura (cm) | Volumen (litros) |
| 2 | 4.68 | 26 | 62.70 |
| 4 | 9.51 | 28 | 67.53 |
| 6 | 14.35 | 30 | 72.37 |
| 8 | 19.18 | 32 | 77.20 |
| 10 | 24.02 | 34 | 82.04 |
| 12 | 28.85 | 36 | 86.87 |
| 14 | 33.69 | 38 | 91.71 |
| 16 | 38.52 | 40 | 96.54 |
| 18 | 43.36 | 42 | 101.38 |
| 20 | 48.19 | 44 | 106.22 |
| 22 | 53.03 | 46 | 111.05 |
| 24 | 57.86 | 48 | 115.89 |

Grafico A1.2: Calibración del depósito de drenaje de agua.



Anexo A.2: Datos de evapotranspiración real y coeficiente del cultivo de pimiento morrón variedad Cierzo.

Ubicación : Arequipa S
 Departamento : Caylloma W
 Provincia : Majes m.s.n.m
 Distrito :
 Lugar : CRA - AUTODEMA

| Año | Semana | N.º Día | Fecha | LISMETRO A - 4 | | | | LISMETRO A - 5 | | | | LISMETRO A - 6 | | | | Evapotranspiración real (ETc) (mm/día) | | | Coeficiente de cultivo (Kc) | | | Observaciones | |
|--------------------|--------|---------|------------|----------------------|---------------------|-----------------------|------------|----------------------|---------------------|-----------------------|------------|----------------------|---------------------|-----------------------|------------|--|------------|---------|-----------------------------|-----------|------------|---------------|--------------------------|
| | | | | Vol aplicada (Litro) | Vol drenada (Litro) | Vol consumida (Litro) | ETc mm/día | Vol aplicada (Litro) | Vol drenada (Litro) | Vol consumida (Litro) | ETc mm/día | Vol aplicada (Litro) | Vol drenada (Litro) | Vol consumida (Litro) | ETc mm/día | ETc día | ETc semana | ETc mes | ETo de Ray Grass (mm/día) | Kc diario | Kc Semanal | | Kc Fase Fenológica |
| Noviembre DEL 2009 | 1 | 1 | 12/11/2009 | J | 32.9 | 20.87 | 11.32 | 2.52 | 318.4 | 20.63 | 11.21 | 2.49 | 32.10 | 20.63 | 11.47 | 2.55 | 2.52 | 17.96 | 56.69 | 6.23 | 0.40 | 0.42 | Transplante de plantines |
| | | 2 | 13/11/2009 | V | 32.42 | 20.63 | 11.79 | 2.62 | 32.54 | 20.63 | 11.91 | 2.65 | 316.8 | 20.39 | 11.29 | 2.51 | 2.59 | | | 6.08 | 0.43 | | |
| | | 3 | 14/11/2009 | S | 31.77 | 20.87 | 10.90 | 2.42 | 32.10 | 20.63 | 11.47 | 2.55 | 32.10 | 20.63 | 11.47 | 2.55 | 2.51 | | | 5.82 | 0.43 | | |
| | | 4 | 15/11/2009 | D | 32.66 | 19.67 | 12.99 | 2.89 | 32.77 | 20.39 | 12.38 | 2.75 | 32.24 | 20.73 | 11.51 | 2.56 | 2.73 | | | 6.05 | 0.45 | | |
| | | 5 | 16/11/2009 | L | 31.68 | 20.16 | 11.53 | 2.56 | 31.70 | 21.36 | 10.35 | 2.30 | 31.77 | 20.39 | 11.38 | 2.53 | 2.46 | | | 6.55 | 0.38 | | |
| | | 6 | 17/11/2009 | M | 32.9 | 20.63 | 11.56 | 2.57 | 33.35 | 20.16 | 13.20 | 2.93 | 32.89 | 21.12 | 11.77 | 2.62 | 2.71 | | | 6.23 | 0.43 | | |
| | | 7 | 18/11/2009 | M | 42.65 | 31.83 | 10.82 | 2.40 | 42.65 | 32.36 | 10.29 | 2.29 | 42.65 | 30.79 | 11.86 | 2.64 | 2.44 | | | 6.28 | 0.39 | | |
| | | 8 | 19/11/2009 | J | 43.23 | 31.85 | 11.38 | 2.53 | 43.67 | 32.36 | 11.31 | 2.51 | 43.76 | 31.75 | 12.01 | 2.67 | 2.57 | 18.12 | | 6.12 | 0.42 | 0.42 | |
| | | 9 | 20/11/2009 | V | 43.46 | 32.96 | 10.50 | 2.33 | 43.65 | 32.24 | 11.41 | 2.54 | 43.23 | 31.51 | 11.72 | 2.60 | 2.49 | | | 6.67 | 0.37 | | |
| | | 10 | 21/11/2009 | S | 43.72 | 32.96 | 10.75 | 2.39 | 43.88 | 32.96 | 10.92 | 2.43 | 43.69 | 31.27 | 12.42 | 2.76 | 2.53 | | | 6.35 | 0.40 | 0.44 | |
| | | 11 | 22/11/2009 | D | 42.65 | 32.24 | 10.41 | 2.31 | 42.65 | 31.27 | 11.38 | 2.53 | 42.65 | 31.03 | 11.62 | 2.58 | 2.47 | | | 6.45 | 0.38 | | |
| | | 12 | 23/11/2009 | L | 44.44 | 31.27 | 13.17 | 2.93 | 44.64 | 32.72 | 11.92 | 2.65 | 44.02 | 31.51 | 12.51 | 2.78 | 2.78 | | | 6.24 | 0.45 | | |
| | | 13 | 24/11/2009 | M | 43.81 | 31.51 | 12.30 | 2.73 | 43.58 | 31.27 | 12.31 | 2.73 | 44.27 | 32.24 | 12.04 | 2.67 | 2.71 | | | 5.90 | 0.46 | | |
| | | 14 | 25/11/2009 | M | 42.65 | 31.99 | 10.65 | 2.37 | 42.65 | 30.54 | 12.10 | 2.69 | 42.65 | 30.79 | 11.86 | 2.64 | 2.56 | | | 5.80 | 0.44 | | |
| | | 15 | 26/11/2009 | J | 43.25 | 30.79 | 12.46 | 2.77 | 43.09 | 31.22 | 11.87 | 2.64 | 43.74 | 30.93 | 12.81 | 2.85 | 2.75 | 19.60 | | 5.96 | 0.46 | 0.48 | |
| | | 16 | 27/11/2009 | V | 43.46 | 31.03 | 12.43 | 2.76 | 43.81 | 31.15 | 12.66 | 2.81 | 43.25 | 31.20 | 12.05 | 2.68 | 2.75 | | | 5.78 | 0.48 | | |
| | | 17 | 28/11/2009 | S | 43.69 | 31.27 | 12.42 | 2.76 | 43.74 | 32.24 | 11.50 | 2.56 | 44.16 | 31.75 | 12.40 | 2.76 | 2.69 | | | 5.69 | 0.47 | | |
| | | 18 | 29/11/2009 | D | 44.67 | 31.51 | 13.16 | 2.92 | 44.37 | 31.51 | 12.85 | 2.86 | 44.23 | 31.75 | 12.47 | 2.77 | 2.85 | | | 5.81 | 0.49 | | |
| | | 19 | 30/11/2009 | L | 42.65 | 30.54 | 12.10 | 2.69 | 42.65 | 30.79 | 11.86 | 2.64 | 42.65 | 30.30 | 12.34 | 2.74 | 2.69 | | | 5.80 | 0.46 | | |

Ubicación : Arequipa
 Departamento : Caylloma
 Provincia : Majes
 Distrito : CRA - AUTODEMA

Latitud sur S
 Longitud oeste W
 Altitud m.s.n.m

| Año | Semana | Fecha | USIMETRO A - 4 | | | | USIMETRO A - 5 | | | | USIMETRO A - 6 | | | | Evapotranspiración real (ETc) (mm/día) | | Eto de Ray Grass (mm/día) | Coeficiente de cultivo (Kc) | | | Observaciones | | | | |
|-----|----------------|------------|----------------------|---------------------|-----------------------|------------|----------------------|---------------------|-----------------------|------------|----------------------|---------------------|-----------------------|------------|--|------------|---------------------------|-----------------------------|------------|--------------------|---------------|--|--|--|--|
| | | | Vol aplicada (Litro) | Vol drenada (Litro) | Vol consumida (Litro) | ETc mm/día | Vol aplicada (Litro) | Vol drenada (Litro) | Vol consumida (Litro) | ETc mm/día | Vol aplicada (Litro) | Vol drenada (Litro) | Vol consumida (Litro) | ETc mm/día | ETc día | ETc semana | | Kc diario | Kc Semanal | Kc Fase Fenológica | | | | | |
| 8 | 51 | 01/01/2010 | V | 4172 | 23.29 | 18.43 | 4.09 | 4167 | 22.32 | 19.35 | 4.30 | 4172 | 22.08 | 19.63 | 4.36 | 4.25 | 142.63 | 5.13 | 0.83 | | | | | | |
| | 52 | 02/01/2010 | V | 4297 | 23.53 | 19.44 | 4.32 | 43.04 | 23.29 | 19.75 | 4.39 | 43.23 | 22.57 | 20.66 | 4.59 | 4.43 | | 5.71 | 0.78 | | | | | | |
| | 53 | 03/01/2010 | D | 40.86 | 19.67 | 21.19 | 4.71 | 40.42 | 20.15 | 20.27 | 4.50 | 40.86 | 19.91 | 20.95 | 4.66 | 4.62 | | 5.56 | 0.83 | | | | | | |
| | 54 | 04/01/2010 | L | 37.58 | 18.70 | 18.88 | 4.20 | 37.91 | 17.97 | 18.93 | 4.43 | 38.14 | 17.97 | 20.17 | 4.48 | 4.37 | | 5.58 | 0.78 | | | | | | |
| | 55 | 05/01/2010 | M | 47.94 | 32.62 | 15.32 | 3.40 | 48.18 | 32.70 | 15.48 | 3.44 | 52.82 | 32.09 | 20.73 | 4.61 | 3.82 | | 5.60 | 0.68 | | | | | | |
| | 56 | 06/01/2010 | M | 64.16 | 42.39 | 21.77 | 4.84 | 64.21 | 42.39 | 21.82 | 4.85 | 64.23 | 43.84 | 20.39 | 4.53 | 4.74 | | 5.50 | 0.86 | | | | | | |
| | 57 | 07/01/2010 | J | 64.72 | 43.36 | 21.36 | 4.75 | 64.97 | 44.57 | 20.41 | 4.30 | 65.21 | 43.60 | 21.61 | 4.80 | 4.69 | | 5.08 | 0.92 | | | | | | |
| | 58 | 08/01/2010 | J | 63.28 | 42.87 | 20.40 | 4.53 | 63.51 | 41.67 | 21.84 | 4.85 | 63.74 | 43.36 | 20.38 | 4.53 | 4.64 | | 5.21 | 0.89 | | | | | | |
| 9 | 59 | 09/01/2010 | S | 66.30 | 43.36 | 22.94 | 5.10 | 66.04 | 44.08 | 21.96 | 4.88 | 66.44 | 45.10 | 21.34 | 4.74 | 4.91 | | 5.35 | 0.92 | | | | | | |
| | 60 | 10/01/2010 | D | 64.21 | 44.37 | 19.83 | 4.41 | 64.11 | 45.29 | 18.82 | 4.18 | 64.76 | 43.04 | 21.12 | 4.69 | 4.43 | | 5.26 | 0.84 | | | | | | |
| | 61 | 11/01/2010 | L | 52.45 | 31.51 | 20.94 | 4.65 | 53.98 | 30.54 | 23.44 | 5.21 | 53.98 | 31.56 | 22.42 | 4.98 | 4.95 | | 5.78 | 0.86 | | | | | | |
| | 62 | 12/01/2010 | M | 61.51 | 40.21 | 21.30 | 4.73 | 61.42 | 39.97 | 21.45 | 4.77 | 61.40 | 39.49 | 21.91 | 4.87 | 4.79 | | 4.57 | 1.05 | | | | | | |
| | 63 | 13/01/2010 | M | 55.47 | 32.48 | 22.99 | 5.11 | 55.26 | 33.93 | 21.33 | 4.74 | 56.31 | 33.20 | 22.10 | 4.81 | 4.92 | | 4.95 | 0.99 | | | | | | |
| | 64 | 14/01/2010 | J | 65.93 | 42.39 | 23.54 | 5.23 | 65.65 | 42.87 | 22.77 | 5.06 | 66.14 | 43.36 | 22.78 | 5.06 | 5.12 | | 5.16 | 0.99 | | | | | | |
| | 65 | 15/01/2010 | V | 61.00 | 41.91 | 19.09 | 4.24 | 61.00 | 41.18 | 19.82 | 4.40 | 61.00 | 39.73 | 21.27 | 4.73 | 4.46 | | 5.55 | 0.80 | | | | | | |
| | 66 | 16/01/2010 | S | 63.95 | 40.94 | 23.01 | 5.11 | 63.90 | 40.94 | 22.96 | 5.10 | 63.97 | 41.42 | 22.55 | 5.01 | 5.08 | | 5.61 | 0.90 | | | | | | |
| 10 | 67 | 17/01/2010 | D | 70.15 | 46.74 | 23.41 | 5.20 | 70.18 | 45.78 | 24.40 | 5.42 | 70.81 | 47.47 | 23.34 | 5.19 | 5.27 | | 5.74 | 0.92 | | | | | | |
| | 68 | 18/01/2010 | L | 71.27 | 48.92 | 22.35 | 4.97 | 71.39 | 47.47 | 23.92 | 5.32 | 71.29 | 49.47 | 21.82 | 4.85 | 5.04 | | 5.07 | 1.00 | | | | | | |
| | 69 | 19/01/2010 | M | 74.55 | 50.85 | 23.69 | 5.27 | 74.57 | 51.82 | 22.75 | 5.06 | 74.64 | 51.68 | 23.06 | 5.12 | 5.15 | | 5.42 | 0.95 | | | | | | |
| | 70 | 20/01/2010 | M | 62.93 | 41.91 | 21.02 | 4.67 | 62.98 | 41.52 | 21.46 | 4.77 | 62.93 | 40.94 | 21.99 | 4.89 | 4.78 | | 4.50 | 1.06 | | | | | | |
| | 71 | 21/01/2010 | J | 59.21 | 33.69 | 25.52 | 5.67 | 59.17 | 35.38 | 23.79 | 5.29 | 59.07 | 35.67 | 23.40 | 5.20 | 5.39 | | 4.56 | 1.18 | | | | | | |
| | 72 | 22/01/2010 | V | 59.84 | 36.59 | 23.25 | 5.17 | 59.84 | 36.59 | 23.25 | 5.17 | 59.84 | 36.59 | 23.25 | 5.17 | 5.17 | | 5.44 | 0.95 | | | | | | |
| | 73 | 23/01/2010 | S | 59.84 | 38.04 | 21.80 | 4.84 | 59.84 | 36.10 | 23.73 | 5.27 | 59.84 | 37.22 | 22.62 | 5.03 | 5.05 | | 5.13 | 0.98 | | | | | | |
| | 74 | 24/01/2010 | D | 57.89 | 35.62 | 22.27 | 4.95 | 57.82 | 35.14 | 22.68 | 5.04 | 57.79 | 34.41 | 23.38 | 5.20 | 5.06 | | 5.06 | 1.00 | | | | | | |
| 11 | 75 | 25/01/2010 | L | 58.31 | 35.31 | 23.00 | 5.11 | 58.03 | 34.17 | 24.86 | 5.62 | 59.00 | 35.04 | 23.96 | 5.32 | 5.32 | | 5.67 | 0.94 | | | | | | |
| | 76 | 26/01/2010 | M | 58.14 | 35.62 | 22.52 | 5.00 | 58.12 | 34.80 | 23.32 | 5.18 | 57.96 | 34.85 | 23.11 | 5.14 | 5.11 | | 6.07 | 0.84 | | | | | | |
| | 77 | 27/01/2010 | M | 61.37 | 37.07 | 24.30 | 5.40 | 61.21 | 37.27 | 23.94 | 5.32 | 61.40 | 37.65 | 23.74 | 5.28 | 5.33 | | 5.92 | 0.90 | | | | | | |
| | 78 | 28/01/2010 | J | 58.96 | 35.14 | 23.82 | 5.29 | 58.21 | 33.69 | 23.52 | 5.67 | 59.14 | 34.58 | 24.56 | 5.46 | 5.47 | | 4.44 | 1.23 | | | | | | |
| | 79 | 29/01/2010 | V | 70.90 | 48.05 | 22.85 | 5.08 | 70.62 | 47.54 | 23.08 | 5.18 | 70.62 | 47.40 | 23.22 | 5.16 | 5.12 | | 4.57 | 1.12 | | | | | | |
| | 80 | 30/01/2010 | S | 71.06 | 47.66 | 23.40 | 5.20 | 70.29 | 46.52 | 23.77 | 5.28 | 70.90 | 46.02 | 24.88 | 5.33 | 5.34 | | 5.23 | 1.02 | | | | | | |
| | 81 | 31/01/2010 | D | 70.83 | 46.88 | 23.84 | 5.30 | 70.60 | 45.78 | 24.82 | 5.52 | 70.87 | 46.98 | 23.89 | 5.31 | 5.37 | | 5.24 | 1.02 | | | | | | |
| | Enero del 2010 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fase de desarrollo

Inicio de floración

99.9 %C.V.

desarrollo de fructificación

Ubicación : Arequipa S
 Departamento : Caylloma W
 Provincia : Majes m.s.n.m
 Distrito :
 Lugar :
 Latitud sur :
 Longitud oeste :
 Altitud :
 CRA - AUTODEMA

| Fecha | Días | USIMETROA-4 | | | USIMETROA-5 | | | USIMETROA-6 | | | Evapotranspiración real (ETC) Suma (mm/día) | | | Eto de Ray Grass (mm/día diario) | | | Coeficiente de cultivo (Kc) | | | Observaciones |
|-------|------------|--------------|-------------|---------------|--------------|--------------|-------------|---------------|--------------|--------------|---|---------------|--------------|----------------------------------|--------------|--------------|-----------------------------|--------------|------------------------|---------------|
| | | Vol aplicada | Vol drenada | Vol consumida | ETC (mm/día) | Vol aplicada | Vol drenada | Vol consumida | ETC (mm/día) | Vol aplicada | Vol drenada | Vol consumida | ETC (mm/día) | ETC (mm/día) | ETC (mm/día) | ETC (mm/día) | ETC (mm/día) | ETC (mm/día) | ETC (mm/día) | |
| 82 | 01/02/2010 | 68.71 | 43.36 | 25.36 | 5.63 | 68.46 | 44.32 | 24.13 | 5.36 | 69.48 | 44.81 | 24.67 | 5.48 | 146.85 | 5.15 | 107 | | | | |
| 83 | 02/02/2010 | 72.06 | 44.45 | 27.61 | 6.14 | 72.29 | 44.66 | 27.63 | 6.14 | 71.60 | 46.50 | 25.09 | 5.58 | 5.27 | 113 | | | | | |
| 84 | 03/02/2010 | 70.22 | 46.36 | 23.87 | 5.30 | 70.20 | 46.89 | 23.31 | 5.18 | 70.22 | 46.62 | 23.60 | 5.25 | 4.48 | 117 | | | | | |
| 85 | 04/02/2010 | 72.11 | 46.81 | 25.29 | 5.62 | 72.11 | 47.30 | 24.81 | 5.51 | 72.25 | 47.06 | 25.19 | 5.60 | 5.04 | 111 | | | | | |
| 86 | 05/02/2010 | 71.46 | 47.61 | 23.84 | 5.30 | 71.46 | 47.08 | 24.37 | 5.42 | 71.46 | 47.71 | 23.75 | 5.28 | 5.01 | 106 | | | | | |
| 87 | 06/02/2010 | 70.60 | 48.10 | 22.50 | 5.00 | 71.01 | 45.78 | 25.24 | 5.61 | 70.78 | 46.36 | 24.43 | 5.43 | 5.10 | 105 | | | | | |
| 88 | 07/02/2010 | 68.90 | 44.18 | 24.72 | 5.49 | 69.13 | 45.29 | 23.84 | 5.30 | 69.46 | 44.13 | 25.33 | 5.63 | 3.85 | 142 | | | | | |
| 89 | 08/02/2010 | 69.78 | 44.32 | 25.46 | 5.66 | 69.34 | 44.57 | 24.77 | 5.51 | 69.53 | 44.98 | 24.55 | 5.46 | 5.40 | 103 | | | | | |
| 90 | 09/02/2010 | 69.99 | 47.47 | 22.52 | 5.01 | 69.67 | 46.38 | 23.29 | 5.17 | 69.97 | 46.50 | 23.47 | 5.22 | 4.04 | 127 | | | | | |
| 91 | 10/02/2010 | 72.27 | 47.08 | 25.19 | 5.60 | 72.01 | 47.32 | 24.69 | 5.49 | 72.57 | 47.95 | 25.22 | 5.61 | 4.60 | 121 | | | | | |
| 92 | 11/02/2010 | 65.53 | 41.57 | 23.96 | 5.33 | 65.39 | 41.81 | 23.58 | 5.24 | 65.65 | 41.67 | 23.98 | 5.33 | 4.07 | 130 | | | | Fin de floración | |
| 93 | 12/02/2010 | 63.32 | 38.52 | 24.80 | 5.51 | 63.32 | 38.86 | 24.46 | 5.44 | 63.32 | 39.73 | 23.59 | 5.24 | 3.59 | 150 | | | | | |
| 94 | 13/02/2010 | 60.54 | 34.17 | 26.37 | 5.86 | 59.98 | 35.62 | 24.36 | 5.41 | 61.00 | 35.62 | 25.38 | 5.64 | 3.97 | 142 | | | | | |
| 95 | 14/02/2010 | 67.37 | 44.52 | 22.85 | 5.08 | 67.67 | 45.63 | 22.14 | 4.92 | 69.25 | 45.78 | 23.47 | 5.22 | 4.37 | 116 | | | | | |
| 96 | 15/02/2010 | 66.99 | 41.18 | 25.81 | 5.74 | 66.93 | 42.39 | 24.53 | 5.45 | 68.27 | 43.36 | 24.92 | 5.54 | 4.11 | 136 | | | | | |
| 97 | 16/02/2010 | 59.10 | 34.90 | 24.20 | 5.38 | 59.37 | 34.41 | 24.96 | 5.55 | 60.23 | 37.31 | 22.92 | 5.09 | 3.79 | 141 | | | | | |
| 98 | 17/02/2010 | 55.47 | 33.28 | 22.20 | 4.93 | 55.49 | 32.96 | 22.53 | 5.01 | 56.91 | 32.04 | 24.87 | 5.53 | 3.55 | 145 | | | | | |
| 99 | 18/02/2010 | 57.07 | 35.62 | 21.45 | 4.77 | 56.98 | 33.69 | 23.29 | 5.18 | 58.33 | 34.65 | 23.67 | 5.26 | 3.84 | 132 | | | | | |
| 100 | 19/02/2010 | 47.57 | 26.19 | 21.38 | 4.75 | 47.85 | 25.23 | 22.63 | 5.03 | 49.11 | 24.74 | 24.36 | 5.41 | 3.82 | 133 | | | | | |
| 101 | 20/02/2010 | 50.92 | 26.43 | 24.48 | 5.44 | 50.99 | 27.16 | 23.83 | 5.30 | 52.29 | 28.37 | 23.92 | 5.32 | 4.08 | 131 | | | | | |
| 102 | 21/02/2010 | 51.54 | 29.58 | 21.97 | 4.88 | 50.80 | 30.06 | 20.74 | 4.61 | 52.31 | 27.45 | 24.86 | 5.52 | 4.09 | 122 | | | | | |
| 103 | 22/02/2010 | 60.14 | 36.59 | 23.55 | 5.23 | 60.14 | 37.80 | 22.34 | 4.97 | 60.56 | 37.31 | 23.25 | 5.17 | 3.69 | 139 | | | | | |
| 104 | 23/02/2010 | 58.21 | 34.92 | 23.29 | 5.18 | 57.28 | 33.01 | 24.27 | 5.39 | 58.68 | 33.69 | 24.99 | 5.55 | 4.22 | 127 | | | | | |
| 105 | 24/02/2010 | 56.91 | 36.10 | 20.81 | 4.62 | 56.98 | 36.59 | 20.39 | 4.53 | 58.10 | 34.56 | 23.54 | 5.23 | 4.05 | 119 | | | | Maduración fisiológica | |
| 106 | 25/02/2010 | 59.14 | 34.41 | 24.73 | 5.50 | 59.61 | 34.90 | 24.71 | 5.49 | 59.61 | 35.62 | 23.99 | 5.33 | 4.70 | 116 | | | | | |
| 107 | 26/02/2010 | 56.68 | 33.69 | 24.99 | 5.55 | 59.37 | 34.17 | 25.20 | 5.60 | 58.91 | 35.38 | 23.53 | 5.23 | 4.60 | 119 | | | | Fin de crecimiento | |
| 108 | 27/02/2010 | 56.21 | 38.45 | 19.76 | 4.39 | 58.12 | 35.62 | 22.50 | 5.00 | 59.84 | 37.31 | 22.53 | 5.01 | 3.61 | 133 | | | | | |
| 109 | 28/02/2010 | 58.68 | 35.62 | 23.06 | 5.12 | 58.68 | 35.50 | 23.18 | 5.15 | 58.91 | 35.74 | 23.17 | 5.15 | 4.47 | 115 | | | | | |

| Fecha | Muestra | M.D.A | Fecha | LISIMETROA - 4 | | | LISIMETROA - 5 | | | LISIMETROA - 6 | | | Evapotranspiracion real (ETc) Suma | | ETode Ray (mm/dia) | Coeficiente de cultivo (Kc) | | | Observaciones | | |
|-------|------------|-------|-------|----------------------------|-------------------|------------------------|--------------------|-------------------|------------------------|--------------------|-------------------|------------------------|------------------------------------|------------|--------------------|-----------------------------|-----------|------------|---------------|--------------------|----------------|
| | | | | Vol aplicada (Lit) | Vol drenada (Lit) | Vol consumida (mm/dia) | Vol aplicada (Lit) | Vol drenada (Lit) | Vol consumida (mm/dia) | Vol aplicada (Lit) | Vol drenada (Lit) | Vol consumida (mm/dia) | ETc dia | ETc semana | | ETc mes | Kc diario | Kc Semanal | | Kc Fase Fenologica | |
| 141 | 01/04/2010 | J | 141 | 44.25 | 26.43 | 17.82 | 3.96 | 44.13 | 27.06 | 17.07 | 3.79 | 44.34 | 26.72 | 17.62 | 3.92 | 3.89 | 26.02 | 49.62 | 0.72 | 0.73 | |
| 142 | 02/04/2010 | V | 142 | 43.00 | 27.40 | 15.59 | 3.47 | 43.00 | 25.23 | 17.77 | 3.95 | 42.97 | 25.71 | 17.26 | 3.84 | 3.75 | | | 0.67 | | |
| 143 | 03/04/2010 | S | 143 | 46.48 | 29.34 | 17.14 | 3.81 | 46.46 | 30.06 | 16.40 | 3.64 | 46.29 | 29.58 | 16.72 | 3.71 | 3.72 | | | 0.71 | | |
| 144 | 04/04/2010 | D | 21 | 43.53 | 28.61 | 14.92 | 3.32 | 43.41 | 28.59 | 14.83 | 3.29 | 43.76 | 27.40 | 16.36 | 3.64 | 3.42 | | | 0.66 | | |
| 145 | 05/04/2010 | L | 145 | 45.55 | 28.85 | 16.70 | 3.71 | 45.99 | 28.61 | 17.38 | 3.86 | 45.48 | 28.49 | 16.99 | 3.78 | 3.78 | | | 0.81 | | |
| 146 | 06/04/2010 | M | 146 | 48.99 | 30.06 | 18.93 | 4.21 | 49.04 | 30.35 | 18.68 | 4.15 | 48.76 | 32.58 | 16.18 | 3.60 | 3.98 | | | 0.78 | | |
| 147 | 07/04/2010 | M | 147 | 47.06 | 31.51 | 15.55 | 3.46 | 47.06 | 31.51 | 15.55 | 3.46 | 47.06 | 31.27 | 15.79 | 3.51 | 3.47 | | | 0.77 | | |
| 148 | 08/04/2010 | J | 148 | 46.43 | 32.12 | 14.32 | 3.18 | 45.78 | 31.03 | 14.76 | 3.28 | 46.55 | 31.27 | 15.28 | 3.40 | 3.29 | 23.60 | | 0.82 | 0.79 | |
| 149 | 09/04/2010 | V | 149 | 53.47 | 36.10 | 17.37 | 3.86 | 53.12 | 37.07 | 16.05 | 3.57 | 53.17 | 37.31 | 15.86 | 3.52 | 3.65 | | | 0.83 | | |
| 150 | 10/04/2010 | S | 150 | 45.74 | 30.79 | 14.95 | 3.32 | 46.02 | 30.21 | 15.81 | 3.51 | 45.88 | 30.06 | 15.82 | 3.51 | 3.45 | | | 0.82 | | |
| 151 | 11/04/2010 | D | 151 | 58.68 | 43.60 | 15.08 | 3.35 | 58.68 | 44.32 | 14.35 | 3.19 | 58.68 | 43.36 | 15.32 | 3.40 | 3.31 | | | 0.80 | | |
| 152 | 12/04/2010 | L | 152 | 45.97 | 30.79 | 15.18 | 3.37 | 46.06 | 30.54 | 15.52 | 3.45 | 46.02 | 30.30 | 15.71 | 3.49 | 3.44 | | | 0.81 | | |
| 153 | 13/04/2010 | M | 153 | 43.16 | 30.06 | 13.10 | 2.91 | 43.65 | 29.58 | 14.07 | 3.13 | 43.92 | 28.85 | 15.07 | 3.35 | 3.13 | | | 0.70 | | |
| 154 | 14/04/2010 | M | 154 | 33.12 | 18.46 | 14.66 | 3.26 | 33.12 | 17.97 | 15.15 | 3.37 | 33.12 | 17.97 | 15.15 | 3.37 | 3.33 | | | 0.75 | | Fin de cosecha |
| | | | | ETc Promedio (mm dia) | | | | | | | | | | | | 5.04 | | | | | |
| | | | | ETc Maximo (mm dia) | | | | | | | | | | | | 6.67 | | | | | |
| | | | | ETc Minimo (mm dia) | | | | | | | | | | | | 3.55 | | | | | |
| | | | | ETc Total por campaña (mm) | | | | | | | | | | | | 775.52 | | | | | |

Ubicación : Arequipa
 Departamento : Caylloma
 Provincia : Majes
 Distrito : CRA - AUTODEMA
 Lugar :
 Latitud sur : S
 Longitud oeste : W
 Altitud : m.s.n.m

Anexo A3: Datos de evapotranspiración potencial del cultivo de referencia diaria de pasto ray grass.

Ubicación : Arequipa
 Departamento : Caylloma
 Provincia : Mejles
 Distrito : CRA - AUTODEMA
 Lugar

Latitud sur : S
 Longitud oeste : W
 Altitud : m.s.n.m

| Mes | Semana | Día | Fecha | LISIMETROC - 4 | | | | LISIMETROC - 4 | | | | LISIMETROC - 4 | | | | Evapotranspiración potencial (mm/día) | | |
|--------------------|--------|-----|------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|------------|---------------------------------------|------------|-------------|
| | | | | Volume n aplicada (Lit) | Volume n drenada (Lit) | Volume n consumida (Lit) | ETo mm/día | Volume n aplicada (Lit) | Volume n drenada (Lit) | Volume n consumida (Lit) | ETo mm/día | Volume n aplicada (Lit) | Volume n drenada (Lit) | Volume n consumida (Lit) | ETo mm/día | ETo Promedio por día | ETo semana | ETo mensual |
| Noviembre DEL 2009 | 1 | 1 | 12/11/2009 | 47.53 | 19.91 | 27.62 | 6.14 | 47.53 | 19.18 | 28.34 | 6.30 | 47.53 | 19.42 | 28.10 | 6.24 | 6.23 | 43.23 | 127.41 |
| | | 2 | 13/11/2009 | 47.53 | 17.49 | 30.04 | 6.67 | 47.53 | 22.57 | 24.96 | 5.55 | 47.53 | 20.39 | 27.14 | 6.03 | 6.08 | | |
| | | 3 | 14/11/2009 | 47.53 | 22.08 | 25.44 | 5.65 | 47.53 | 20.15 | 27.38 | 6.08 | 47.53 | 21.84 | 25.68 | 5.71 | 5.82 | | |
| | 2 | 4 | 15/11/2009 | 47.53 | 17.49 | 30.04 | 6.67 | 47.53 | 20.87 | 26.65 | 5.92 | 47.53 | 22.57 | 24.96 | 5.55 | 6.05 | | |
| | | 5 | 16/11/2009 | 47.53 | 18.21 | 29.31 | 6.51 | 47.53 | 17.25 | 30.28 | 6.73 | 47.53 | 18.70 | 28.83 | 6.41 | 6.55 | | |
| | | 6 | 17/11/2009 | 47.53 | 20.63 | 26.89 | 5.98 | 47.53 | 20.39 | 27.14 | 6.03 | 47.53 | 17.49 | 30.04 | 6.67 | 6.23 | | |
| | 3 | 7 | 18/11/2009 | 47.53 | 18.46 | 29.07 | 6.46 | 47.53 | 19.91 | 27.62 | 6.14 | 47.53 | 19.42 | 28.10 | 6.24 | 6.28 | | |
| | | 8 | 19/11/2009 | 47.53 | 20.15 | 27.38 | 6.08 | 47.53 | 19.67 | 27.86 | 6.19 | 47.53 | 20.15 | 27.38 | 6.08 | 6.12 | 43.53 | |
| | | 9 | 20/11/2009 | 47.53 | 15.80 | 31.73 | 7.05 | 47.53 | 16.76 | 30.76 | 6.84 | 47.53 | 19.91 | 27.62 | 6.14 | 6.67 | | |
| | 10 | 10 | 21/11/2009 | 47.53 | 18.58 | 28.95 | 6.43 | 47.53 | 18.05 | 29.48 | 6.55 | 47.53 | 20.27 | 27.26 | 6.06 | 6.35 | | |
| | | 11 | 22/11/2009 | 47.53 | 17.25 | 30.28 | 6.73 | 47.53 | 20.15 | 27.38 | 6.08 | 47.53 | 18.09 | 29.43 | 6.54 | 6.45 | | |
| | | 12 | 23/11/2009 | 47.53 | 20.15 | 27.38 | 6.08 | 47.53 | 18.70 | 28.83 | 6.41 | 47.53 | 19.42 | 28.10 | 6.24 | 6.24 | | |
| | | 13 | 24/11/2009 | 47.53 | 22.32 | 25.20 | 5.60 | 47.53 | 20.15 | 27.38 | 6.08 | 47.53 | 20.51 | 27.01 | 6.00 | 5.90 | | |
| | | 14 | 25/11/2009 | 47.53 | 22.57 | 24.96 | 5.55 | 47.53 | 23.05 | 24.48 | 5.44 | 47.53 | 18.70 | 28.83 | 6.41 | 5.80 | | |
| | | 15 | 26/11/2009 | 47.53 | 20.63 | 26.89 | 5.98 | 47.53 | 20.87 | 26.65 | 5.92 | 47.53 | 20.63 | 26.89 | 5.98 | 5.96 | 40.65 | |
| | | 16 | 27/11/2009 | 47.53 | 21.12 | 26.41 | 5.87 | 47.53 | 22.08 | 25.44 | 5.65 | 47.53 | 21.41 | 26.12 | 5.80 | 5.78 | | |
| | 17 | 17 | 28/11/2009 | 47.53 | 22.81 | 24.72 | 5.49 | 47.53 | 21.60 | 25.93 | 5.76 | 47.53 | 21.36 | 26.17 | 5.82 | 5.69 | | |
| | | 18 | 29/11/2009 | 47.53 | 21.12 | 26.41 | 5.87 | 47.53 | 21.36 | 26.17 | 5.82 | 47.53 | 21.70 | 25.83 | 5.74 | 5.81 | | |
| | | 19 | 30/11/2009 | 47.53 | 22.47 | 25.06 | 5.57 | 47.53 | 20.95 | 26.58 | 5.91 | 47.53 | 20.80 | 26.72 | 5.94 | 5.80 | | |

| Año | Semana | Fecha | LISIMETRO C - 4 | | | | LISIMETRO C - 4 | | | | LISIMETRO C - 4 | | | | Evapotranspiración potencial (mm/día) | |
|--------------------|--------|------------|------------------------|-----------------|-------------------------|------------|------------------|-----------------|-------------------------|------------|------------------|-----------------|-------------------------|------------|---------------------------------------|-------------|
| | | | Volumen aplicada (Lit) | Volumen drenada | Volumen consumida (Lit) | ETo mm/día | Volumen aplicada | Volumen drenada | Volumen consumida (Lit) | ETo mm/día | Volumen aplicada | Volumen drenada | Volumen consumida (Lit) | ETo mm/día | ETo Promedio por día | ETo mensual |
| Diciembre del 2009 | 20 | 01/12/2009 | M | 47.53 | 21.12 | 26.41 | 5.87 | 47.53 | 22.08 | 25.44 | 5.65 | 5.80 | 5.80 | 5.80 | 63.79 | |
| | 21 | 02/12/2009 | M | 47.53 | 24.72 | 24.72 | 5.49 | 47.53 | 20.39 | 27.14 | 6.03 | 5.82 | 5.82 | 5.82 | | |
| | 22 | 03/12/2009 | J | 47.53 | 18.46 | 29.07 | 6.46 | 47.53 | 18.94 | 28.59 | 6.35 | 6.43 | 6.43 | 39.74 | | |
| | 23 | 04/12/2009 | V | 47.53 | 16.52 | 31.00 | 6.89 | 47.53 | 31.99 | 15.53 | 3.45 | 6.12 | 6.12 | 6.12 | | |
| | 24 | 05/12/2009 | S | 47.53 | 23.19 | 24.33 | 5.41 | 47.53 | 22.52 | 25.01 | 5.56 | 5.44 | 5.44 | 5.44 | | |
| | 25 | 06/12/2009 | D | 47.53 | 25.35 | 22.18 | 4.93 | 47.53 | 24.81 | 22.71 | 5.05 | 5.06 | 5.06 | 5.06 | | |
| | 26 | 07/12/2009 | L | 47.53 | 20.15 | 27.38 | 6.08 | 47.53 | 22.42 | 25.10 | 5.58 | 5.90 | 5.90 | 5.90 | | |
| | 27 | 08/12/2009 | M | 47.53 | 23.53 | 23.99 | 5.33 | 47.53 | 23.05 | 24.48 | 5.44 | 5.39 | 5.39 | 5.39 | | |
| | 28 | 09/12/2009 | M | 47.53 | 24.02 | 23.51 | 5.22 | 47.53 | 23.05 | 24.48 | 5.44 | 5.40 | 5.40 | 5.40 | | |
| | 29 | 10/12/2009 | J | 47.53 | 22.66 | 24.86 | 5.53 | 47.53 | 22.76 | 24.77 | 5.50 | 5.49 | 5.49 | 5.49 | 40.58 | |
| | 30 | 11/12/2009 | V | 47.53 | 19.42 | 28.10 | 6.24 | 47.53 | 20.87 | 26.65 | 5.92 | 5.89 | 5.89 | 5.89 | | |
| | 31 | 12/12/2009 | S | 47.53 | 20.15 | 27.38 | 6.08 | 47.53 | 19.79 | 27.74 | 6.16 | 6.16 | 6.16 | 6.16 | | |
| | 32 | 13/12/2009 | D | 47.53 | 23.05 | 24.48 | 5.44 | 47.53 | 22.57 | 24.96 | 5.55 | 5.47 | 5.47 | 5.47 | | |
| | 33 | 14/12/2009 | L | 47.53 | 22.32 | 25.20 | 5.60 | 47.53 | 21.12 | 26.41 | 5.87 | 5.49 | 5.49 | 5.49 | | |
| | 34 | 15/12/2009 | M | 47.53 | 21.48 | 26.05 | 5.79 | 47.53 | 21.45 | 26.07 | 5.79 | 5.71 | 5.71 | 5.71 | | |
| | 35 | 16/12/2009 | M | 47.53 | 19.54 | 27.98 | 6.22 | 47.53 | 19.86 | 27.67 | 6.15 | 6.21 | 6.21 | 6.21 | | |
| | 36 | 17/12/2009 | J | 47.53 | 23.53 | 23.99 | 5.33 | 47.53 | 23.53 | 23.99 | 5.33 | 5.51 | 5.51 | 5.51 | 37.40 | |
| | 37 | 18/12/2009 | V | 47.53 | 26.92 | 20.61 | 4.58 | 47.53 | 24.74 | 22.78 | 5.06 | 5.21 | 5.21 | 5.21 | | |
| | 38 | 19/12/2009 | S | 47.53 | 24.26 | 23.27 | 5.17 | 47.53 | 23.05 | 24.48 | 5.44 | 5.78 | 5.78 | 5.78 | | |
| | 39 | 20/12/2009 | D | 47.53 | 26.43 | 21.09 | 4.69 | 47.53 | 25.95 | 21.57 | 4.79 | 4.81 | 4.81 | 4.81 | | |
| | 40 | 21/12/2009 | L | 47.53 | 22.57 | 24.96 | 5.55 | 47.53 | 22.69 | 24.84 | 5.52 | 5.45 | 5.45 | 5.45 | | |
| | 41 | 22/12/2009 | M | 47.53 | 23.05 | 24.48 | 5.44 | 47.53 | 23.29 | 24.23 | 5.39 | 5.44 | 5.44 | 5.44 | | |
| | 42 | 23/12/2009 | M | 47.53 | 25.47 | 22.06 | 4.90 | 47.53 | 22.32 | 25.20 | 5.60 | 5.21 | 5.21 | 5.21 | | |
| | 43 | 24/12/2009 | J | 47.53 | 24.98 | 22.54 | 5.01 | 47.53 | 24.38 | 23.15 | 5.14 | 5.20 | 5.20 | 5.20 | 38.10 | |
| | 44 | 25/12/2009 | V | 47.53 | 22.32 | 25.20 | 5.60 | 47.53 | 22.98 | 24.55 | 5.46 | 5.55 | 5.55 | 5.55 | | |
| | 45 | 26/12/2009 | S | 47.53 | 25.56 | 21.96 | 4.88 | 47.53 | 24.74 | 22.78 | 5.06 | 4.96 | 4.96 | 4.96 | | |
| | 46 | 27/12/2009 | D | 47.53 | 21.60 | 25.93 | 5.76 | 47.53 | 22.32 | 25.20 | 5.60 | 5.62 | 5.62 | 5.62 | | |
| | 47 | 28/12/2009 | L | 47.53 | 23.29 | 24.23 | 5.39 | 47.53 | 21.12 | 26.41 | 5.87 | 5.71 | 5.71 | 5.71 | | |
| | 48 | 29/12/2009 | M | 47.53 | 22.08 | 25.44 | 5.65 | 47.53 | 22.95 | 24.57 | 5.46 | 5.54 | 5.54 | 5.54 | | |
| | 49 | 30/12/2009 | M | 47.53 | 22.81 | 24.72 | 5.49 | 47.53 | 23.29 | 24.23 | 5.39 | 5.53 | 5.53 | 5.53 | | |
| | 50 | 31/12/2009 | J | 47.53 | 23.19 | 24.33 | 5.41 | 47.53 | 22.57 | 24.96 | 5.55 | 5.46 | 5.46 | 5.46 | 38.56 | |

Ubicación : Arequipa
 Departamento : Caylloma
 Provincia : Majes
 Distrito : Majes
 Lugar : CRA - AUTODEMA
 Latitud sur : S
 Longitud oeste : W
 Altitud : m.s.n.m

| Año | Semana | N.º día | Fecha | LISIMETRO C - 4 | | | LISIMETRO C - 4 | | | LISIMETRO C - 4 | | | Evapotranspiración potencial (mm/día) | | | | |
|-----|--------|------------|-------|------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|------|------|--------|
| | | | | Volumen aplicada (Lit) | Volumen drenada | Volumen consumida (Lit) | ET _o mm/día | Volumen aplicada | Volumen drenada | Volumen consumida (Lit) | ET _o mm/día | ET _o promedio por día | ET _o semana | ET _o mensual | | | |
| 8 | 51 | 01/01/2010 | V | 47.53 | 24.81 | 22.71 | 5.05 | 47.53 | 24.98 | 22.54 | 5.01 | 47.53 | 23.53 | 23.99 | 5.33 | 5.13 | 145.47 |
| | 52 | 02/01/2010 | S | 47.53 | 22.47 | 25.06 | 5.57 | 47.53 | 21.12 | 26.41 | 5.87 | 47.53 | 21.84 | 25.68 | 5.71 | 5.71 | |
| | 53 | 03/01/2010 | D | 47.53 | 21.84 | 25.68 | 5.71 | 47.53 | 23.05 | 24.48 | 5.44 | 47.53 | 22.57 | 24.96 | 5.55 | 5.56 | |
| | 54 | 04/01/2010 | L | 47.53 | 22.32 | 25.20 | 5.60 | 47.53 | 22.81 | 24.72 | 5.49 | 47.53 | 22.08 | 25.44 | 5.65 | 5.58 | |
| | 55 | 05/01/2010 | M | 47.53 | 22.81 | 24.72 | 5.49 | 47.53 | 21.12 | 26.41 | 5.87 | 47.53 | 23.05 | 24.48 | 5.44 | 5.60 | |
| | 56 | 06/01/2010 | M | 47.53 | 22.69 | 24.84 | 5.52 | 47.53 | 22.57 | 24.96 | 5.55 | 47.53 | 23.05 | 24.48 | 5.44 | 5.50 | |
| | 57 | 07/01/2010 | J | 47.53 | 24.74 | 22.78 | 5.06 | 47.53 | 25.27 | 22.25 | 4.94 | 47.53 | 24.02 | 23.51 | 5.22 | 5.08 | |
| | 58 | 08/01/2010 | V | 47.53 | 24.74 | 22.78 | 5.06 | 47.53 | 23.53 | 23.99 | 5.33 | 47.53 | 24.02 | 23.51 | 5.22 | 5.21 | |
| 9 | 59 | 09/01/2010 | S | 47.53 | 24.39 | 23.13 | 5.14 | 47.53 | 23.15 | 24.37 | 5.42 | 47.53 | 22.74 | 24.78 | 5.51 | 5.35 | |
| | 60 | 10/01/2010 | D | 47.53 | 23.78 | 23.75 | 5.28 | 47.53 | 24.31 | 23.22 | 5.16 | 47.53 | 23.53 | 23.99 | 5.33 | 5.26 | |
| | 61 | 11/01/2010 | L | 47.53 | 21.2 | 26.41 | 5.87 | 47.53 | 21.04 | 26.48 | 5.88 | 47.53 | 22.32 | 25.20 | 5.60 | 5.78 | |
| | 62 | 12/01/2010 | M | 47.53 | 27.89 | 19.64 | 4.36 | 47.53 | 25.83 | 21.70 | 4.82 | 47.53 | 27.16 | 20.37 | 4.53 | 4.57 | |
| | 63 | 13/01/2010 | M | 47.53 | 24.45 | 23.07 | 5.13 | 47.53 | 25.37 | 22.15 | 4.92 | 47.53 | 25.88 | 21.65 | 4.81 | 4.95 | |
| | 64 | 14/01/2010 | J | 47.53 | 24.65 | 22.88 | 5.08 | 47.53 | 24.74 | 22.78 | 5.06 | 47.53 | 23.53 | 23.99 | 5.33 | 5.16 | |
| | 65 | 15/01/2010 | V | 47.53 | 21.99 | 25.54 | 5.68 | 47.53 | 22.47 | 25.06 | 5.57 | 47.53 | 23.19 | 24.33 | 5.41 | 5.55 | |
| | 66 | 16/01/2010 | S | 47.53 | 21.94 | 25.59 | 5.69 | 47.53 | 22.59 | 24.94 | 5.54 | 47.53 | 22.32 | 25.20 | 5.60 | 5.61 | |
| 10 | 67 | 17/01/2010 | D | 47.53 | 22.49 | 25.03 | 5.56 | 47.53 | 21.53 | 26.00 | 5.78 | 47.53 | 21.2 | 26.41 | 5.87 | 5.74 | |
| | 68 | 18/01/2010 | L | 47.53 | 24.81 | 22.71 | 5.05 | 47.53 | 23.53 | 23.99 | 5.33 | 47.53 | 25.83 | 21.70 | 4.82 | 5.07 | |
| | 69 | 19/01/2010 | M | 47.53 | 23.29 | 24.23 | 5.39 | 47.53 | 23.05 | 24.48 | 5.44 | 47.53 | 23.05 | 24.48 | 5.44 | 5.42 | |
| | 70 | 20/01/2010 | M | 47.53 | 26.80 | 20.73 | 4.61 | 47.53 | 26.92 | 20.61 | 4.58 | 47.53 | 28.13 | 19.40 | 4.31 | 4.50 | |
| | 71 | 21/01/2010 | J | 47.53 | 27.72 | 19.81 | 4.40 | 47.53 | 27.40 | 20.12 | 4.47 | 47.53 | 25.95 | 21.57 | 4.79 | 4.56 | |
| | 72 | 22/01/2010 | V | 47.53 | 23.15 | 24.38 | 5.42 | 47.53 | 22.76 | 24.77 | 5.50 | 47.53 | 23.27 | 24.26 | 5.39 | 5.44 | |
| | 73 | 23/01/2010 | S | 47.53 | 24.40 | 23.12 | 5.14 | 47.53 | 24.14 | 23.39 | 5.20 | 47.53 | 24.74 | 22.78 | 5.06 | 5.13 | |
| | 74 | 24/01/2010 | D | 47.53 | 24.16 | 23.36 | 5.19 | 47.53 | 25.95 | 21.57 | 4.79 | 47.53 | 24.14 | 23.39 | 5.20 | 5.06 | |
| 11 | 75 | 25/01/2010 | L | 47.53 | 21.41 | 26.12 | 5.80 | 47.53 | 22.23 | 25.30 | 5.62 | 47.53 | 22.42 | 25.40 | 5.58 | 5.67 | |
| | 76 | 26/01/2010 | M | 47.53 | 20.01 | 27.51 | 6.11 | 47.53 | 19.98 | 27.55 | 6.12 | 47.53 | 20.66 | 26.87 | 5.97 | 6.07 | |
| | 77 | 27/01/2010 | M | 47.53 | 20.15 | 27.38 | 6.08 | 47.53 | 22.32 | 25.20 | 5.60 | 47.53 | 20.15 | 27.38 | 6.08 | 5.92 | |
| | 78 | 28/01/2010 | J | 47.53 | 27.40 | 20.12 | 4.47 | 47.53 | 27.76 | 19.76 | 4.39 | 47.53 | 27.50 | 20.03 | 4.45 | 4.44 | |
| | 79 | 29/01/2010 | V | 47.53 | 27.06 | 20.46 | 4.55 | 47.53 | 27.26 | 20.27 | 4.50 | 47.53 | 26.56 | 20.97 | 4.66 | 4.57 | |
| | 80 | 30/01/2010 | S | 47.53 | 24.23 | 23.29 | 5.18 | 47.53 | 23.85 | 23.68 | 5.26 | 47.53 | 23.82 | 23.70 | 5.27 | 5.23 | |
| | 81 | 31/01/2010 | D | 47.53 | 23.53 | 23.99 | 5.33 | 47.53 | 24.72 | 22.81 | 5.07 | 47.53 | 23.53 | 23.99 | 5.33 | 5.24 | |
| | 81 | | | | | | | | | | | | | | | | 37.04 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | 37.85 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | 34.38 |

Ubicación : Arequipa
 Departamento : Caylloma
 Provincia : Majes
 Distrito :
 Lugar : CRA - AUTODEMA

Latitud sur : S
 Longitud oeste : W
 Altitud : m.s.n.m

| Año | Semana | N.º Día | Fecha | LISIMETRO C - 4 | | | | LISIMETRO C - 4 | | | | LISIMETRO C - 4 | | | | Evapotranspiración potencial (mm/día) | | | |
|------------------|------------|---------|------------|-----------------------|----------------|------------------------|------------|-----------------|----------------|------------------------|------------|-----------------|----------------|------------------------|------------|---------------------------------------|------------|-------------|-------|
| | | | | Volume aplicada (Lit) | Volume drenada | Volume consumida (Lit) | ETo mm/día | Volume aplicada | Volume drenada | Volume consumida (Lit) | ETo mm/día | Volume aplicada | Volume drenada | Volume consumida (Lit) | ETo mm/día | ETo Promedio por día | ETo semana | ETo mensual | |
| Febrero del 2010 | 13 | 82 | 01/02/2010 | L | 47.53 | 2506 | 2247 | 4.99 | 47.53 | 2353 | 2399 | 5.33 | 47.53 | 2452 | 2300 | 5.11 | 5.15 | 119.50 | |
| | | 83 | 02/02/2010 | M | 47.53 | 2394 | 2358 | 5.24 | 47.53 | 2402 | 2351 | 5.22 | 47.53 | 2353 | 2399 | 5.33 | 5.27 | | |
| | | 84 | 03/02/2010 | M | 47.53 | 2682 | 2070 | 4.60 | 47.53 | 2757 | 1995 | 4.43 | 47.53 | 2774 | 1979 | 4.40 | 4.48 | | |
| | | 85 | 04/02/2010 | J | 47.53 | 2530 | 2223 | 4.94 | 47.53 | 2547 | 2206 | 4.90 | 47.53 | 2382 | 2370 | 5.27 | 5.04 | | 33.03 |
| | | 86 | 05/02/2010 | V | 47.53 | 2397 | 2356 | 5.23 | 47.53 | 2549 | 2203 | 4.90 | 47.53 | 2547 | 2206 | 4.90 | 5.01 | | |
| | | 87 | 06/02/2010 | S | 47.53 | 2506 | 2247 | 4.99 | 47.53 | 2457 | 2295 | 5.10 | 47.53 | 2474 | 2339 | 5.20 | 5.10 | | |
| | | 88 | 07/02/2010 | D | 47.53 | 3069 | 1684 | 3.74 | 47.53 | 2958 | 1795 | 3.99 | 47.53 | 3038 | 1715 | 3.81 | 3.85 | | |
| | | 89 | 08/02/2010 | L | 47.53 | 2439 | 2313 | 5.14 | 47.53 | 2299 | 2454 | 5.45 | 47.53 | 2234 | 2519 | 5.60 | 5.40 | | |
| | | 90 | 09/02/2010 | M | 47.53 | 3030 | 1722 | 3.83 | 47.53 | 2934 | 1819 | 4.04 | 47.53 | 2837 | 1916 | 4.26 | 4.04 | | |
| | | 91 | 10/02/2010 | M | 47.53 | 2740 | 2012 | 4.47 | 47.53 | 2595 | 2157 | 4.79 | 47.53 | 2716 | 2037 | 4.53 | 4.60 | | |
| | | 92 | 11/02/2010 | J | 47.53 | 3013 | 1739 | 3.86 | 47.53 | 2868 | 1884 | 4.19 | 47.53 | 2888 | 1865 | 4.14 | 4.07 | | 27.45 |
| | | 93 | 12/02/2010 | V | 47.53 | 3137 | 1616 | 3.59 | 47.53 | 3199 | 1553 | 3.45 | 47.53 | 3079 | 1674 | 3.72 | 3.59 | | |
| | | 94 | 13/02/2010 | S | 47.53 | 3057 | 1696 | 3.77 | 47.53 | 2878 | 1875 | 4.17 | 47.53 | 2958 | 1795 | 3.99 | 3.97 | | |
| | | 95 | 14/02/2010 | D | 47.53 | 2924 | 1829 | 4.06 | 47.53 | 2595 | 2157 | 4.79 | 47.53 | 2837 | 1916 | 4.26 | 4.37 | | |
| | | 96 | 15/02/2010 | L | 47.53 | 2984 | 1768 | 3.93 | 47.53 | 2892 | 1860 | 4.13 | 47.53 | 2837 | 1916 | 4.26 | 4.11 | | |
| | | 97 | 16/02/2010 | M | 47.53 | 3127 | 1626 | 3.61 | 47.53 | 2982 | 1771 | 3.93 | 47.53 | 3030 | 1722 | 3.83 | 3.79 | | |
| 98 | 17/02/2010 | M | 47.53 | 3187 | 1565 | 3.48 | 47.53 | 3079 | 1674 | 3.72 | 47.53 | 3199 | 1553 | 3.45 | 3.55 | | | | |
| 99 | 18/02/2010 | J | 47.53 | 3013 | 1739 | 3.86 | 47.53 | 3013 | 1739 | 3.86 | 47.53 | 3042 | 1710 | 3.80 | 3.84 | 27.79 | | | |
| 100 | 19/02/2010 | V | 47.53 | 3207 | 1546 | 3.44 | 47.53 | 2958 | 1795 | 3.99 | 47.53 | 2941 | 1812 | 4.03 | 3.82 | | | | |
| 101 | 20/02/2010 | S | 47.53 | 2982 | 1771 | 3.93 | 47.53 | 2837 | 1916 | 4.26 | 47.53 | 2926 | 1826 | 4.06 | 4.08 | | | | |
| 102 | 21/02/2010 | D | 47.53 | 2965 | 1788 | 3.97 | 47.53 | 2837 | 1916 | 4.26 | 47.53 | 2938 | 1814 | 4.03 | 4.09 | | | | |
| 103 | 22/02/2010 | L | 47.53 | 3279 | 1473 | 3.27 | 47.53 | 3156 | 1597 | 3.55 | 47.53 | 2837 | 1916 | 4.26 | 3.69 | | | | |
| 104 | 23/02/2010 | M | 47.53 | 2912 | 1841 | 4.09 | 47.53 | 2837 | 1916 | 4.26 | 47.53 | 2813 | 1940 | 4.31 | 4.22 | | | | |
| 105 | 24/02/2010 | M | 47.53 | 3001 | 1751 | 3.89 | 47.53 | 2958 | 1795 | 3.99 | 47.53 | 2837 | 1916 | 4.26 | 4.05 | | | | |
| 106 | 25/02/2010 | J | 47.53 | 2668 | 2085 | 4.63 | 47.53 | 2595 | 2157 | 4.79 | 47.53 | 2646 | 2107 | 4.68 | 4.70 | 3124 | | | |
| 107 | 26/02/2010 | V | 47.53 | 2740 | 2012 | 4.47 | 47.53 | 2595 | 2157 | 4.79 | 47.53 | 2716 | 2037 | 4.53 | 4.60 | | | | |
| 108 | 27/02/2010 | S | 47.53 | 3054 | 1698 | 3.77 | 47.53 | 3079 | 1674 | 3.72 | 47.53 | 3253 | 1500 | 3.33 | 3.61 | | | | |
| 109 | 28/02/2010 | D | 47.53 | 2699 | 2054 | 4.56 | 47.53 | 2738 | 2015 | 4.48 | 47.53 | 2789 | 1964 | 4.36 | 4.47 | | | | |

Ubicación : Arequipa
 Departamento : Caylloma
 Provincia : Majes
 Distrito : CRA - AUTODEMA
 Lugar

Latitud sur : S
 Longitud oeste : W
 Altitud : m.s.n.m

| Año | Semana | Día | Fecha | LISIMETROC - 4 | | | | LISIMETROC - 4 | | | | LISIMETROC - 4 | | | | Evapo transpiración potencial (mm/día) | | | |
|----------------|------------|-----|------------|------------------------|-----------------|-------------------------|------------|------------------|-----------------|-------------------------|------------|------------------|-----------------|-------------------------|------------|--|------------|-------------|-------|
| | | | | Volumen aplicada (Lit) | Volumen drenada | Volumen consumida (Lit) | ETo mm/día | Volumen aplicada | Volumen drenada | Volumen consumida (Lit) | ETo mm/día | Volumen aplicada | Volumen drenada | Volumen consumida (Lit) | ETo mm/día | ETo promedio por día | ETo semana | ETo mensual | |
| Marzo del 2010 | 17 | 10 | 01/03/2010 | L | 47.53 | 28.10 | 19.42 | 4.32 | 47.53 | 27.57 | 19.95 | 4.43 | 47.53 | 27.50 | 20.03 | 4.45 | 4.40 | 123.10 | |
| | | 11 | 02/03/2010 | M | 47.53 | 26.43 | 21.09 | 4.69 | 47.53 | 28.13 | 19.40 | 4.31 | 47.53 | 27.16 | 20.37 | 4.53 | 4.51 | | |
| | | 12 | 03/03/2010 | M | 47.53 | 25.95 | 21.57 | 4.79 | 47.53 | 24.74 | 22.78 | 5.06 | 47.53 | 24.98 | 22.54 | 5.01 | 4.96 | | |
| | | 13 | 04/03/2010 | J | 47.53 | 28.76 | 18.77 | 4.17 | 47.53 | 28.95 | 18.58 | 4.13 | 47.53 | 28.37 | 19.16 | 4.26 | 4.19 | | 30.43 |
| | | 14 | 05/03/2010 | V | 47.53 | 32.72 | 14.81 | 3.29 | 47.53 | 29.89 | 17.63 | 3.92 | 47.53 | 30.79 | 16.74 | 3.72 | 3.64 | | |
| | | 15 | 06/03/2010 | S | 47.53 | 29.58 | 17.95 | 3.99 | 47.53 | 29.65 | 17.88 | 3.97 | 47.53 | 30.79 | 16.74 | 3.72 | 3.89 | | |
| | | 16 | 07/03/2010 | D | 47.53 | 25.95 | 21.57 | 4.79 | 47.53 | 25.32 | 22.20 | 4.93 | 47.53 | 26.70 | 20.83 | 4.63 | 4.79 | | |
| | | 17 | 08/03/2010 | L | 47.53 | 25.95 | 21.57 | 4.79 | 47.53 | 26.68 | 20.85 | 4.63 | 47.53 | 25.95 | 21.57 | 4.79 | 4.74 | | |
| | | 18 | 09/03/2010 | M | 47.53 | 25.47 | 22.06 | 4.90 | 47.53 | 24.02 | 23.51 | 5.22 | 47.53 | 24.98 | 22.54 | 5.01 | 5.05 | | |
| | | 19 | 10/03/2010 | M | 47.53 | 29.67 | 17.85 | 3.97 | 47.53 | 28.37 | 19.16 | 4.26 | 47.53 | 28.71 | 18.82 | 4.18 | 4.14 | | |
| | | 20 | 11/03/2010 | J | 47.53 | 25.95 | 21.57 | 4.79 | 47.53 | 28.13 | 19.40 | 4.31 | 47.53 | 28.01 | 19.52 | 4.34 | 4.48 | | 30.03 |
| | | 21 | 12/03/2010 | V | 47.53 | 25.95 | 21.57 | 4.79 | 47.53 | 26.92 | 20.61 | 4.58 | 47.53 | 26.92 | 20.61 | 4.58 | 4.65 | | |
| | | 22 | 13/03/2010 | S | 47.53 | 29.58 | 17.95 | 3.99 | 47.53 | 29.34 | 18.19 | 4.04 | 47.53 | 28.37 | 19.16 | 4.26 | 4.10 | | |
| | | 23 | 14/03/2010 | D | 47.53 | 27.89 | 19.64 | 4.36 | 47.53 | 28.13 | 19.40 | 4.31 | 47.53 | 27.40 | 20.12 | 4.47 | 4.38 | | |
| 24 | 15/03/2010 | L | 47.53 | 27.40 | 20.12 | 4.47 | 47.53 | 26.92 | 20.61 | 4.58 | 47.53 | 28.32 | 19.21 | 4.27 | 4.44 | | | | |
| 25 | 16/03/2010 | M | 47.53 | 28.37 | 19.16 | 4.26 | 47.53 | 28.92 | 18.60 | 4.13 | 47.53 | 29.92 | 17.61 | 3.91 | 4.10 | | | | |
| 26 | 17/03/2010 | M | 47.53 | 30.16 | 17.37 | 3.86 | 47.53 | 29.94 | 17.59 | 3.91 | 47.53 | 30.16 | 17.34 | 3.85 | 3.87 | | | | |
| 27 | 18/03/2010 | J | 47.53 | 29.82 | 17.71 | 3.93 | 47.53 | 28.37 | 19.16 | 4.26 | 47.53 | 28.37 | 19.16 | 4.26 | 4.15 | 29.27 | | | |
| 28 | 19/03/2010 | V | 47.53 | 28.37 | 19.16 | 4.26 | 47.53 | 29.82 | 17.71 | 3.93 | 47.53 | 30.79 | 16.74 | 3.72 | 3.97 | | | | |
| 29 | 20/03/2010 | S | 47.53 | 25.95 | 21.57 | 4.79 | 47.53 | 27.16 | 20.37 | 4.53 | 47.53 | 27.89 | 19.64 | 4.36 | 4.56 | | | | |
| 30 | 21/03/2010 | D | 47.53 | 29.82 | 17.71 | 3.93 | 47.53 | 29.67 | 17.85 | 3.97 | 47.53 | 29.60 | 17.92 | 3.98 | 3.96 | | | | |
| 31 | 22/03/2010 | L | 47.53 | 31.75 | 15.77 | 3.50 | 47.53 | 30.79 | 16.74 | 3.72 | 47.53 | 28.95 | 18.58 | 4.13 | 3.78 | | | | |
| 32 | 23/03/2010 | M | 47.53 | 28.13 | 19.40 | 4.31 | 47.53 | 28.37 | 19.16 | 4.26 | 47.53 | 28.37 | 19.16 | 4.26 | 4.28 | | | | |
| 33 | 24/03/2010 | M | 47.53 | 27.40 | 20.12 | 4.47 | 47.53 | 27.26 | 20.27 | 4.50 | 47.53 | 26.31 | 21.21 | 4.71 | 4.56 | | | | |
| 34 | 25/03/2010 | J | 47.53 | 28.37 | 19.16 | 4.26 | 47.53 | 28.37 | 19.16 | 4.26 | 47.53 | 29.82 | 17.71 | 3.93 | 4.15 | 33.38 | | | |
| 35 | 26/03/2010 | V | 47.53 | 27.40 | 20.12 | 4.47 | 47.53 | 27.38 | 20.15 | 4.48 | 47.53 | 28.05 | 19.47 | 4.33 | 4.43 | | | | |
| 36 | 27/03/2010 | S | 47.53 | 28.03 | 19.50 | 4.33 | 47.53 | 27.72 | 19.81 | 4.40 | 47.53 | 27.47 | 20.05 | 4.46 | 4.40 | | | | |
| 37 | 28/03/2010 | D | 47.53 | 23.53 | 23.99 | 5.33 | 47.53 | 24.26 | 23.27 | 5.17 | 47.53 | 27.79 | 19.74 | 4.39 | 4.96 | | | | |
| 38 | 29/03/2010 | L | 47.53 | 25.71 | 21.82 | 4.85 | 47.53 | 25.47 | 22.06 | 4.90 | 47.53 | 24.91 | 22.61 | 5.03 | 4.93 | | | | |
| 39 | 30/03/2010 | M | 47.53 | 23.53 | 23.99 | 5.33 | 47.53 | 23.05 | 24.48 | 5.44 | 47.53 | 23.53 | 23.99 | 5.33 | 5.37 | | | | |
| 40 | 31/03/2010 | M | 47.53 | 27.89 | 19.64 | 4.36 | 47.53 | 22.08 | 25.44 | 5.65 | 47.53 | 23.05 | 24.48 | 5.44 | 5.15 | | | | |

Ubicación : Arequipa
 Departamento : Caylloma
 Provincia : Majes
 Distrito : CRA - AUTODEMA
 Lugar :
 Latitud sur : S
 Longitud oeste : W
 Altitud : m.s.n.m

| Mes | Semana | Día | Fecha | LISIMETRO C - 4 | | | | LISIMETRO C - 4 | | | | LISIMETRO C - 4 | | | | Evapotranspiración potencial (mm/día) | | | |
|----------------------------|--------|-----|------------|------------------------|-----------------|-------------------------|------------|------------------|-----------------|-------------------------|------------|------------------|-----------------|-------------------------|------------|---------------------------------------|------------|-------------|-------|
| | | | | Volumen aplicada (Lit) | Volumen drenada | Volumen consumida (Lit) | ETo mm/día | Volumen aplicada | Volumen drenada | Volumen consumida (Lit) | ETo mm/día | Volumen aplicada | Volumen drenada | Volumen consumida (Lit) | ETo mm/día | ETo promedio por día | ETo semana | ETo mensual | |
| Abril del 2010 | 21 | 141 | 01/04/2010 | J | 47.53 | 25.47 | 22.06 | 4.90 | 47.53 | 20.15 | 27.38 | 6.08 | 47.53 | 23.78 | 23.75 | 5.28 | 5.42 | 35.78 | 65.66 |
| | | 142 | 02/04/2010 | V | 47.53 | 24.02 | 23.51 | 5.22 | 47.53 | 21.60 | 25.93 | 5.76 | 47.53 | 21.12 | 26.41 | 5.87 | 5.62 | | |
| | | 143 | 03/04/2010 | S | 47.53 | 25.95 | 21.57 | 4.79 | 47.53 | 22.08 | 25.44 | 5.65 | 47.53 | 23.53 | 23.99 | 5.33 | 5.26 | | |
| | | 144 | 04/04/2010 | D | 47.53 | 24.57 | 22.95 | 5.10 | 47.53 | 25.03 | 22.49 | 5.00 | 47.53 | 23.53 | 23.99 | 5.33 | 5.14 | | |
| | | 145 | 05/04/2010 | L | 47.53 | 26.43 | 21.09 | 4.69 | 47.53 | 25.47 | 22.06 | 4.90 | 47.53 | 27.40 | 20.12 | 4.47 | 4.69 | | |
| | | 146 | 06/04/2010 | M | 47.53 | 24.26 | 23.27 | 5.17 | 47.53 | 25.47 | 22.06 | 4.90 | 47.53 | 23.53 | 23.99 | 5.33 | 5.13 | | |
| | | 147 | 07/04/2010 | M | 47.53 | 27.76 | 19.76 | 4.39 | 47.53 | 26.68 | 20.85 | 4.63 | 47.53 | 27.23 | 20.29 | 4.51 | 4.51 | | |
| | | 148 | 08/04/2010 | J | 47.53 | 29.92 | 17.61 | 3.91 | 47.53 | 30.38 | 17.15 | 3.81 | 47.53 | 28.37 | 19.16 | 4.26 | 3.99 | 29.89 | |
| | | 149 | 09/04/2010 | V | 47.53 | 27.93 | 19.59 | 4.35 | 47.53 | 27.47 | 20.05 | 4.46 | 47.53 | 27.69 | 19.83 | 4.41 | 4.41 | | |
| | | 150 | 10/04/2010 | S | 47.53 | 28.37 | 19.16 | 4.26 | 47.53 | 28.85 | 18.67 | 4.15 | 47.53 | 28.37 | 19.16 | 4.26 | 4.22 | | |
| | | 151 | 11/04/2010 | D | 47.53 | 29.14 | 18.38 | 4.09 | 47.53 | 27.89 | 19.64 | 4.36 | 47.53 | 29.82 | 17.71 | 3.93 | 4.13 | | |
| | | 152 | 12/04/2010 | L | 47.53 | 29.63 | 17.90 | 3.98 | 47.53 | 27.16 | 20.37 | 4.53 | 47.53 | 28.37 | 19.16 | 4.26 | 4.25 | | |
| | | 153 | 13/04/2010 | M | 47.53 | 27.38 | 20.15 | 4.48 | 47.53 | 27.86 | 19.66 | 4.37 | 47.53 | 27.30 | 20.22 | 4.49 | 4.45 | | |
| | | 154 | 14/04/2010 | M | 47.53 | 27.93 | 19.59 | 4.35 | 47.53 | 27.47 | 20.05 | 4.46 | 47.53 | 27.26 | 20.27 | 4.50 | 4.44 | | |
| ETc Promedio (mm/día) | | | | 5.04 | | | | | | | | | | | | | | | |
| ETc Maximo (mm/día) | | | | 6.67 | | | | | | | | | | | | | | | |
| ETc Minimo (mm/día) | | | | 3.55 | | | | | | | | | | | | | | | |
| ETc Total por campaña (mm) | | | | 775.52 | | | | | | | | | | | | | | | |

Ubicación : Arequipa S
 Departamento : Caylloma W
 Provincia : Majes m.s.n.m
 Distrito :
 Lugar :
 Latitud sur :
 Longitud oeste :
 Altitud :
 CRA - AUTODEMA

Anexo A.4: ETo diaria por método de tanque evaporación clase “A”.

Ubicación
 Departamento : Arequipa Latitud sur S
 Provincia : Caylloma Longitud oeste W
 Distrito : Majes Altitud m.s.n.m
 Lugar CRA - AUTODEMA

| Mes | Semana | Nº Días | Fecha | Lectura (mm) | | Evaporación de agua (Eo) | Factor de tanque (Kt) | (ETo) (mm/día) | ETo (mm/día) - Mensual | |
|--------------------|--------|------------|------------|--------------|---------------|--------------------------|-----------------------|----------------|------------------------|--------|
| | | | | 06:00 a.m. | 06:00:00 p.m. | | | | semana | mes |
| Noviembre del 2009 | 1 | 1 | 12/11/2009 | 2.00 | 5.63 | 8.03 | 0.75 | 6.02 | 41.72 | 124.22 |
| | | 2 | 13/11/2009 | 2.40 | 5.60 | 8.10 | 0.75 | 6.08 | | |
| | | 3 | 14/11/2009 | 2.50 | 6.00 | 8.00 | 0.75 | 6.00 | | |
| | | 4 | 15/11/2009 | 2.00 | 5.60 | 7.50 | 0.75 | 5.63 | | |
| | | 5 | 16/11/2009 | 1.90 | 5.60 | 7.80 | 0.75 | 5.85 | | |
| | | 6 | 17/11/2009 | 2.20 | 5.90 | 8.00 | 0.75 | 6.00 | | |
| | | 7 | 18/11/2009 | 2.10 | 6.10 | 8.20 | 0.75 | 6.15 | | |
| | 2 | 8 | 19/11/2009 | 2.10 | 6.00 | 8.50 | 0.75 | 6.38 | 43.13 | |
| | | 9 | 20/11/2009 | 2.50 | 6.00 | 8.30 | 0.75 | 6.23 | | |
| | | 10 | 21/11/2009 | 2.30 | 6.30 | 8.60 | 0.75 | 6.45 | | |
| | | 11 | 22/11/2009 | 2.30 | 6.10 | 8.60 | 0.75 | 6.45 | | |
| | | 12 | 23/11/2009 | 2.50 | 5.90 | 8.00 | 0.75 | 6.00 | | |
| | | 13 | 24/11/2009 | 2.10 | 5.80 | 7.70 | 0.75 | 5.78 | | |
| | | 14 | 25/11/2009 | 1.90 | 5.70 | 7.80 | 0.75 | 5.85 | | |
| | 3 | 15 | 26/11/2009 | 2.10 | 5.90 | 7.90 | 0.75 | 5.93 | 39.38 | |
| | | 16 | 27/11/2009 | 2.00 | 5.30 | 7.20 | 0.75 | 5.40 | | |
| | | 17 | 28/11/2009 | 1.90 | 5.00 | 6.70 | 0.75 | 5.03 | | |
| | | 18 | 29/11/2009 | 1.70 | 5.20 | 7.20 | 0.75 | 5.40 | | |
| | | 19 | 30/11/2009 | 2.00 | 5.70 | 7.70 | 0.75 | 5.78 | | |
| Diciembre del 2009 | 4 | 20 | 01/12/2009 | 2.00 | 5.40 | 7.60 | 0.75 | 5.70 | 142.05 | |
| | | 21 | 02/12/2009 | 2.20 | 5.90 | 8.20 | 0.75 | 6.15 | | |
| | 5 | 22 | 03/12/2009 | 2.30 | 6.20 | 8.40 | 0.75 | 6.30 | 37.58 | |
| | | 23 | 04/12/2009 | 2.20 | 5.70 | 8.00 | 0.75 | 6.00 | | |
| | | 24 | 05/12/2009 | 2.30 | 4.80 | 6.70 | 0.75 | 5.03 | | |
| | | 25 | 06/12/2009 | 1.90 | 4.60 | 6.60 | 0.75 | 4.95 | | |
| | | 26 | 07/12/2009 | 2.00 | 5.70 | 7.50 | 0.75 | 5.63 | | |
| | | 27 | 08/12/2009 | 1.80 | 4.30 | 6.50 | 0.75 | 4.88 | | |
| | | 28 | 09/12/2009 | 2.20 | 4.10 | 6.40 | 0.75 | 4.80 | | |
| | 6 | 29 | 10/12/2009 | 2.30 | 5.10 | 7.40 | 0.75 | 5.55 | 38.25 | |
| | | 30 | 11/12/2009 | 2.30 | 4.90 | 6.90 | 0.75 | 5.18 | | |
| | | 31 | 12/12/2009 | 2.00 | 5.70 | 7.80 | 0.75 | 5.85 | | |
| | | 32 | 13/12/2009 | 2.10 | 5.30 | 6.90 | 0.75 | 5.48 | | |
| | | 33 | 14/12/2009 | 1.60 | 5.40 | 7.20 | 0.75 | 5.40 | | |
| | | 34 | 15/12/2009 | 1.80 | 5.00 | 7.00 | 0.75 | 5.25 | | |
| | | 35 | 16/12/2009 | 2.00 | 6.00 | 7.80 | 0.75 | 5.85 | | |
| | 7 | 36 | 17/12/2009 | 1.80 | 5.90 | 7.40 | 0.75 | 5.55 | 33.68 | |
| | | 37 | 18/12/2009 | 1.50 | 5.40 | 6.90 | 0.75 | 5.18 | | |
| | | 38 | 19/12/2009 | 1.50 | 5.60 | 6.70 | 0.75 | 5.03 | | |
| | | 39 | 20/12/2009 | 1.10 | 4.20 | 5.60 | 0.75 | 4.20 | | |
| | | 40 | 21/12/2009 | 1.40 | 4.00 | 5.20 | 0.75 | 3.90 | | |
| | | 41 | 22/12/2009 | 1.20 | 5.10 | 6.50 | 0.75 | 4.88 | | |
| | | 42 | 23/12/2009 | 1.40 | 5.20 | 6.60 | 0.75 | 4.95 | | |
| | 8 | 43 | 24/12/2009 | 1.40 | 4.40 | 5.90 | 0.75 | 4.43 | 34.65 | |
| | | 44 | 25/12/2009 | 1.50 | 4.90 | 6.50 | 0.75 | 4.88 | | |
| | | 45 | 26/12/2009 | 1.60 | 4.70 | 6.50 | 0.75 | 4.88 | | |
| | | 46 | 27/12/2009 | 1.80 | 5.00 | 6.50 | 0.75 | 4.88 | | |
| | | 47 | 28/12/2009 | 1.50 | 5.20 | 7.30 | 0.75 | 5.48 | | |
| | | 48 | 29/12/2009 | 2.10 | 4.70 | 6.50 | 0.75 | 4.88 | | |
| | | 49 | 30/12/2009 | 1.80 | 4.90 | 7.00 | 0.75 | 5.25 | | |
| | 50 | 31/12/2009 | 2.10 | 5.00 | 7.20 | 0.75 | 5.40 | 36.15 | | |

Ubicación : Arequipa Latitud sur : S
 Departamento : Caylloma Longitud oeste : W
 Provincia : Majes Altitud : m.s.n.m
 Distrito : CRA - AUTODEMA

| Mes | Semana | Nº Días | Fecha | Lectura (mm) | | Evaporación de agua (Eo) | Factor de anque (Kt) | (Eto) (mm/día) | Eto (mm/día) - Mensual | |
|------------------|--------|------------|------------|--------------|---------------|--------------------------|----------------------|----------------|------------------------|--------|
| | | | | 06:00. a.m. | 06:00:00 p.m. | | | | semana | mes |
| Enero del 2010 | 8 | 51 | 01/01/2010 | 2.20 | 5.20 | 7.00 | 0.75 | 5.25 | 32.54 | 132.14 |
| | | 52 | 02/01/2010 | 1.80 | 4.80 | 7.80 | 0.75 | 5.85 | | |
| | | 53 | 03/01/2010 | 3.00 | 4.80 | 7.20 | 0.75 | 5.40 | | |
| | | 54 | 04/01/2010 | 2.40 | 4.60 | 6.60 | 0.75 | 4.95 | | |
| | | 55 | 05/01/2010 | 2.00 | 4.70 | 6.40 | 0.75 | 4.80 | | |
| | | 56 | 06/01/2010 | 1.70 | 4.40 | 6.00 | 0.75 | 4.50 | | |
| | | 57 | 07/01/2010 | 1.60 | 4.60 | 6.50 | 0.75 | 4.88 | | |
| | | 58 | 08/01/2010 | 1.90 | 4.90 | 6.50 | 0.75 | 4.88 | | |
| | 9 | 59 | 09/01/2010 | 1.60 | 4.40 | 6.30 | 0.75 | 4.73 | 32.18 | |
| | | 60 | 10/01/2010 | 1.90 | 4.60 | 6.70 | 0.75 | 5.03 | | |
| | | 61 | 11/01/2010 | 2.10 | 5.20 | 7.10 | 0.75 | 5.33 | | |
| | | 62 | 12/01/2010 | 1.90 | 3.40 | 4.99 | 0.75 | 3.74 | | |
| | | 63 | 13/01/2010 | 1.59 | 3.90 | 5.30 | 0.75 | 3.98 | | |
| | | 64 | 14/01/2010 | 1.40 | 4.20 | 5.60 | 0.75 | 4.20 | | |
| | | 65 | 15/01/2010 | 1.40 | 5.40 | 7.00 | 0.75 | 5.25 | | |
| | | 66 | 16/01/2010 | 1.60 | 5.80 | 7.70 | 0.75 | 5.78 | | |
| | 10 | 67 | 17/01/2010 | 1.90 | 3.80 | 5.00 | 0.75 | 3.75 | 34.65 | |
| | | 68 | 18/01/2010 | 1.20 | 4.00 | 5.50 | 0.75 | 4.13 | | |
| | | 69 | 19/01/2010 | 1.50 | 4.70 | 6.50 | 0.75 | 4.88 | | |
| | | 70 | 20/01/2010 | 1.80 | 4.60 | 5.60 | 0.75 | 4.20 | | |
| | | 71 | 21/01/2010 | 1.00 | 5.40 | 7.10 | 0.75 | 5.33 | | |
| | | 72 | 22/01/2010 | 1.70 | 5.60 | 7.00 | 0.75 | 5.25 | | |
| | | 73 | 23/01/2010 | 1.40 | 4.50 | 6.20 | 0.75 | 4.65 | | |
| | | 74 | 24/01/2010 | 1.70 | 4.00 | 4.80 | 0.75 | 3.60 | | |
| | 11 | 75 | 25/01/2010 | 0.80 | 5.20 | 6.50 | 0.75 | 4.88 | 32.78 | |
| | | 76 | 26/01/2010 | 1.30 | 5.80 | 6.90 | 0.75 | 5.18 | | |
| | | 77 | 27/01/2010 | 1.10 | 5.80 | 7.70 | 0.75 | 5.78 | | |
| | | 78 | 28/01/2010 | 1.90 | 4.40 | 5.70 | 0.75 | 4.28 | | |
| 79 | | 29/01/2010 | 1.30 | 4.60 | 6.20 | 0.75 | 4.65 | | | |
| 80 | | 30/01/2010 | 1.60 | 4.80 | 6.50 | 0.75 | 4.88 | | | |
| 81 | | 31/01/2010 | 1.70 | 4.50 | 6.20 | 0.75 | 4.65 | | | |
| Febrero del 2010 | | 12 | 82 | 01/02/2010 | 1.70 | 5.10 | 6.80 | 0.75 | | 5.10 |
| | 83 | | 02/02/2010 | 1.70 | 4.40 | 6.00 | 0.75 | 4.50 | | |
| | 84 | | 03/02/2010 | 1.60 | 4.60 | 6.30 | 0.75 | 4.73 | | |
| | 85 | | 04/02/2010 | 1.70 | 4.70 | 6.30 | 0.75 | 4.73 | | |
| | 86 | | 05/02/2010 | 1.60 | 2.90 | 4.70 | 0.75 | 3.53 | | |
| | 87 | | 06/02/2010 | 1.80 | 3.50 | 4.80 | 0.75 | 3.60 | | |
| | 88 | | 07/02/2010 | 1.30 | 4.30 | 5.40 | 0.75 | 4.05 | | |
| | 89 | | 08/02/2010 | 1.10 | 4.70 | 6.50 | 0.75 | 4.88 | | |
| | 13 | 90 | 09/02/2010 | 1.80 | 4.50 | 6.00 | 0.75 | 4.50 | 24.83 | |
| | | 91 | 10/02/2010 | 1.50 | 3.70 | 5.00 | 0.75 | 3.75 | | |
| | | 92 | 11/02/2010 | 1.30 | 4.00 | 4.90 | 0.75 | 3.68 | | |
| | | 93 | 12/02/2010 | 0.90 | 3.90 | 4.60 | 0.75 | 3.45 | | |
| | | 94 | 13/02/2010 | 0.70 | 4.20 | 4.80 | 0.75 | 3.60 | | |
| | | 95 | 14/02/2010 | 0.60 | 4.50 | 5.40 | 0.75 | 4.05 | | |
| | | 96 | 15/02/2010 | 0.90 | 4.10 | 5.20 | 0.75 | 3.90 | | |
| | | 97 | 16/02/2010 | 1.10 | 3.20 | 3.90 | 0.75 | 2.93 | | |
| | 14 | 98 | 17/02/2010 | 0.70 | 3.40 | 4.30 | 0.75 | 3.23 | 24.98 | |
| | | 99 | 18/02/2010 | 0.90 | 4.50 | 5.70 | 0.75 | 4.28 | | |
| | | 100 | 19/02/2010 | 1.20 | 4.00 | 4.60 | 0.75 | 3.45 | | |
| | | 101 | 20/02/2010 | 0.60 | 4.10 | 5.10 | 0.75 | 3.83 | | |
| | | 102 | 21/02/2010 | 1.00 | 3.50 | 4.60 | 0.75 | 3.45 | | |
| | | 103 | 22/02/2010 | 1.10 | 3.30 | 4.10 | 0.75 | 3.08 | | |
| | | 104 | 23/02/2010 | 0.80 | 4.00 | 5.00 | 0.75 | 3.75 | | |
| | | 105 | 24/02/2010 | 1.00 | 3.40 | 4.20 | 0.75 | 3.15 | | |
| | 15 | 106 | 25/02/2010 | 0.80 | 4.30 | 5.20 | 0.75 | 3.90 | 28.28 | |
| | | 107 | 26/02/2010 | 0.90 | 3.70 | 4.80 | 0.75 | 3.60 | | |
| | | 108 | 27/02/2010 | 1.10 | 4.10 | 4.90 | 0.75 | 3.68 | | |
| | | 109 | 28/02/2010 | 0.80 | 4.70 | 6.10 | 0.75 | 4.58 | | |

Ubicación : Arequipa Latitud sur S
 Departamento : Caylloma Longitud oeste W
 Provincia : Majes Altitud m.s.n.m
 Distrito : CRA - AUTODEMA

| Mes | Semana | Nº D'ía | Fecha | Lectura (mm) | | Evaporacion de agua (Eo) | Factor de tanque (Kt) | (ETo) (mm/día) | ETo (mm/día) - Mensual | |
|--|--------|------------|------------|--------------|---------------|--------------------------|-----------------------|----------------|------------------------|--------|
| | | | | 06:00 a.m. | 06:00:00 p.m. | | | | semana | mes |
| Marzo del 2010 | 17 | 110 | 01/03/2010 | 1.40 | 4.10 | 5.70 | 0.75 | 4.28 | | 111.77 |
| | | 111 | 02/03/2010 | 1.60 | 3.90 | 5.30 | 0.75 | 3.98 | | |
| | | 112 | 03/03/2010 | 1.40 | 4.60 | 5.70 | 0.75 | 4.28 | | |
| | 18 | 113 | 04/03/2010 | 1.10 | 4.10 | 4.90 | 0.75 | 3.68 | 27.15 | |
| | | 114 | 05/03/2010 | 0.80 | 3.60 | 4.50 | 0.75 | 3.38 | | |
| | | 115 | 06/03/2010 | 0.90 | 3.90 | 4.70 | 0.75 | 3.53 | | |
| | | 116 | 07/03/2010 | 0.80 | 4.40 | 5.40 | 0.75 | 4.05 | | |
| | | 117 | 08/03/2010 | 1.00 | 4.50 | 6.20 | 0.75 | 4.65 | | |
| | | 118 | 09/03/2010 | 1.70 | 4.60 | 5.90 | 0.75 | 4.43 | | |
| | | 119 | 10/03/2010 | 1.30 | 4.20 | 4.80 | 0.75 | 3.60 | | |
| | 19 | 120 | 11/03/2010 | 0.60 | 3.93 | 4.86 | 0.75 | 3.65 | 27.17 | |
| | | 121 | 12/03/2010 | 0.93 | 4.83 | 6.16 | 0.75 | 4.62 | | |
| | | 122 | 13/03/2010 | 1.33 | 4.23 | 5.26 | 0.75 | 3.95 | | |
| | | 123 | 14/03/2010 | 1.03 | 4.93 | 6.06 | 0.75 | 4.55 | | |
| | | 124 | 15/03/2010 | 1.13 | 4.13 | 5.26 | 0.75 | 3.95 | | |
| | | 125 | 16/03/2010 | 1.13 | 3.53 | 4.26 | 0.75 | 3.20 | | |
| | | 126 | 17/03/2010 | 0.73 | 3.63 | 4.36 | 0.75 | 3.27 | | |
| | 20 | 127 | 18/03/2010 | 0.73 | 4.20 | 5.40 | 0.75 | 4.05 | 26.85 | |
| | | 128 | 19/03/2010 | 1.20 | 3.90 | 5.00 | 0.75 | 3.75 | | |
| | | 129 | 20/03/2010 | 1.10 | 4.40 | 5.70 | 0.75 | 4.28 | | |
| 130 | | 21/03/2010 | 1.30 | 3.80 | 5.10 | 0.75 | 3.83 | | | |
| 131 | | 22/03/2010 | 1.30 | 3.20 | 4.20 | 0.75 | 3.15 | | | |
| 132 | | 23/03/2010 | 1.00 | 3.70 | 4.80 | 0.75 | 3.60 | | | |
| 133 | | 24/03/2010 | 1.10 | 4.30 | 5.60 | 0.75 | 4.20 | | | |
| 21 | 134 | 25/03/2010 | 1.30 | 3.60 | 5.00 | 0.75 | 3.75 | 30.60 | | |
| | 135 | 26/03/2010 | 1.40 | 4.50 | 5.60 | 0.75 | 4.20 | | | |
| | 136 | 27/03/2010 | 1.10 | 3.90 | 5.30 | 0.75 | 3.98 | | | |
| | 137 | 28/03/2010 | 1.40 | 4.60 | 6.10 | 0.75 | 4.58 | | | |
| | 138 | 29/03/2010 | 1.50 | 4.20 | 5.80 | 0.75 | 4.35 | | | |
| | 139 | 30/03/2010 | 1.60 | 5.00 | 6.70 | 0.75 | 5.03 | | | |
| | 140 | 31/03/2010 | 1.70 | 4.20 | 6.30 | 0.75 | 4.73 | | | |
| Abril del 2010 | 22 | 141 | 01/04/2010 | 2.10 | 4.70 | 7.00 | 0.75 | 5.25 | 31.43 | 58.35 |
| | | 142 | 02/04/2010 | 2.30 | 4.90 | 6.90 | 0.75 | 5.10 | | |
| | | 143 | 03/04/2010 | 2.00 | 3.90 | 5.50 | 0.75 | 4.13 | | |
| | | 144 | 04/04/2010 | 1.60 | 4.70 | 6.20 | 0.75 | 4.65 | | |
| | | 145 | 05/04/2010 | 1.50 | 4.20 | 5.50 | 0.75 | 4.13 | | |
| | | 146 | 06/04/2010 | 1.30 | 4.30 | 5.70 | 0.75 | 4.28 | | |
| | | 147 | 07/04/2010 | 1.40 | 3.80 | 5.10 | 0.75 | 3.83 | | |
| | 21 | 148 | 08/04/2010 | 1.30 | 3.90 | 4.90 | 0.75 | 3.68 | 26.93 | |
| | | 149 | 09/04/2010 | 1.00 | 3.70 | 5.10 | 0.75 | 3.83 | | |
| | | 150 | 10/04/2010 | 1.40 | 3.80 | 5.30 | 0.75 | 3.98 | | |
| | | 151 | 11/04/2010 | 1.50 | 3.50 | 4.80 | 0.75 | 3.60 | | |
| | | 152 | 12/04/2010 | 1.30 | 3.90 | 5.40 | 0.75 | 4.05 | | |
| | | 153 | 13/04/2010 | 1.50 | 3.90 | 5.50 | 0.75 | 4.13 | | |
| | | 154 | 14/04/2010 | 1.60 | 4.40 | 4.90 | 0.75 | 3.68 | | |
| Evapotranspiracion Potencial Promedio (mm/día) | | | | | | 6.18 | | 4.64 | | |
| Evapotranspiracion Potencial Maxima (mm/día) | | | | | | 8.60 | | 6.45 | | |
| Evapotranspiracion Potencial Minima (mm/día) | | | | | | 3.90 | | 2.93 | | |
| ETo en toda la campaña (mm/día) | | | | | | 952.04 | | 714.03 | | |

Ubicación : Arequipa Latitud sur S
 Departamento : Caylloma Longitud oeste W
 Provincia : Majes Altitud m.s.n.m
 Distrito : CRA - AUTODEMA

| Mes | Semana | N.º Día | Fecha | Temperatura (°C) | | | Humedad Relativa (%) | | Velocidad - Viento (m/s) | | Radiación Solar (watts/m ²) | | ETo (mm/día) | Evapotranspiración potencial (mm/día) | | | |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------------|--------|--------|----------------------|--------------|--------------------------|--------------|---|----------------|--------------|---------------------------------------|-----------------|-------|------|
| | | | | Promedio | Máximo | Mínimo | Promedio | Máxima | Promedio | Máxima | Promedio | Máxima | ETo (mm/día) | ETo total/ sema | ETo total/ mens | | |
| Marzo del 2010 | 17 | 110 | 01/03/2010 | 20.34 | 27.10 | 16.40 | 66.44 | 80.00 | 2.10 | 4.00 | 232.98 | 1014.00 | 4.44 | 32.43 | 4.67 | | |
| | | 111 | 02/03/2010 | 20.55 | 28.30 | 17.20 | 66.40 | 81.00 | 2.10 | 3.10 | 222.13 | 1025.00 | 4.39 | | | | |
| | | 112 | 03/03/2010 | 19.86 | 26.60 | 14.50 | 69.71 | 91.00 | 2.10 | 3.60 | 277.48 | 1012.00 | 5.06 | | | | |
| | 113 | 04/03/2010 | 18.44 | 26.30 | 13.60 | 74.83 | 92.00 | 2.01 | 3.10 | 261.00 | 995.00 | 4.65 | | | | | |
| | 114 | 05/03/2010 | 16.86 | 24.40 | 13.40 | 79.96 | 93.00 | 2.04 | 3.10 | 211.69 | 1005.00 | 3.58 | | | | | |
| | 115 | 06/03/2010 | 19.11 | 25.40 | 14.10 | 72.94 | 92.00 | 1.78 | 2.70 | 263.98 | 1084.00 | 4.59 | | | | | |
| | 116 | 07/03/2010 | 19.93 | 26.10 | 15.20 | 69.31 | 86.00 | 2.06 | 2.70 | 277.81 | 1016.00 | 5.24 | | | | | |
| | 117 | 08/03/2010 | 20.26 | 26.90 | 15.90 | 69.38 | 84.00 | 1.75 | 3.60 | 288.33 | 1010.00 | 5.45 | | | | | |
| | 118 | 09/03/2010 | 18.93 | 24.10 | 14.80 | 72.83 | 87.00 | 2.12 | 3.60 | 277.63 | 1001.00 | 4.78 | | | | | |
| | 119 | 10/03/2010 | 19.31 | 25.30 | 15.50 | 74.19 | 87.00 | 1.73 | 3.10 | 158.50 | 791.00 | 4.14 | | | | | |
| | 120 | 11/03/2010 | 18.81 | 25.00 | 15.40 | 75.98 | 86.00 | 1.72 | 3.10 | 233.52 | 1110.00 | 4.15 | 32.02 | | | | |
| | 121 | 12/03/2010 | 18.74 | 25.60 | 14.30 | 74.77 | 89.00 | 2.13 | 3.10 | 243.27 | 937.00 | 4.33 | | | | | |
| | 122 | 13/03/2010 | 18.54 | 25.30 | 13.90 | 73.21 | 89.00 | 1.61 | 3.10 | 270.90 | 1059.00 | 4.78 | | | | | |
| | 123 | 14/03/2010 | 17.67 | 25.80 | 12.60 | 74.92 | 90.00 | 2.04 | 2.70 | 289.90 | 1023.00 | 4.94 | | | | | |
| | 124 | 15/03/2010 | 18.98 | 25.60 | 14.80 | 72.67 | 89.00 | 2.00 | 2.70 | 254.40 | 993.00 | 4.50 | | | | | |
| | 125 | 16/03/2010 | 16.91 | 26.80 | 14.70 | 68.67 | 85.00 | 2.04 | 3.10 | 292.83 | 981.00 | 4.51 | | | | | |
| | 126 | 17/03/2010 | 17.36 | 24.80 | 12.90 | 75.27 | 93.00 | 1.77 | 2.70 | 279.79 | 983.00 | 4.81 | | | | | |
| | 127 | 18/03/2010 | 16.01 | 18.60 | 13.20 | 83.67 | 92.00 | 1.66 | 2.70 | 67.73 | 246.00 | 4.22 | | | | 31.27 | |
| | 128 | 19/03/2010 | 17.52 | 24.30 | 12.20 | 74.15 | 90.00 | 1.90 | 2.70 | 241.92 | 919.00 | 4.32 | | | | | |
| 129 | 20/03/2010 | 17.90 | 25.30 | 13.10 | 75.69 | 91.00 | 1.69 | 3.10 | 286.54 | 1000.00 | 4.79 | | | | | | |
| 130 | 21/03/2010 | 17.68 | 24.70 | 13.10 | 77.85 | 91.00 | 1.61 | 3.10 | 252.73 | 1018.00 | 4.32 | | | | | | |
| 131 | 22/03/2010 | 17.29 | 23.90 | 13.80 | 77.77 | 92.00 | 2.00 | 2.70 | 239.25 | 963.00 | 4.03 | | | | | | |
| 132 | 23/03/2010 | 17.91 | 24.40 | 14.10 | 72.81 | 87.00 | 1.70 | 2.70 | 258.10 | 951.00 | 4.71 | | | | | | |
| 133 | 24/03/2010 | 17.37 | 23.70 | 12.30 | 73.96 | 88.00 | 1.66 | 2.70 | 278.19 | 922.00 | 4.88 | | | | | | |
| 134 | 25/03/2010 | 17.67 | 24.80 | 13.10 | 75.44 | 90.00 | 1.77 | 2.70 | 272.50 | 980.00 | 4.58 | 35.27 | | | | | |
| 135 | 26/03/2010 | 18.44 | 24.60 | 12.80 | 71.56 | 90.00 | 2.00 | 3.10 | 281.42 | 1068.00 | 4.92 | | | | | | |
| 136 | 27/03/2010 | 18.19 | 24.90 | 13.40 | 68.10 | 85.00 | 1.61 | 3.10 | 266.27 | 934.00 | 4.79 | | | | | | |
| 137 | 28/03/2010 | 18.12 | 25.30 | 13.20 | 66.71 | 82.00 | 2.05 | 3.10 | 268.81 | 957.00 | 4.92 | | | | | | |
| 138 | 29/03/2010 | 18.17 | 27.10 | 12.60 | 63.38 | 91.00 | 2.05 | 2.70 | 270.90 | 934.00 | 5.10 | | | | | | |
| 139 | 30/03/2010 | 17.62 | 26.40 | 10.40 | 62.50 | 84.00 | 1.61 | 3.10 | 280.25 | 946.00 | 5.38 | | | | | | |
| 140 | 31/03/2010 | 17.58 | 26.70 | 9.80 | 48.00 | 70.00 | 2.00 | 2.70 | 276.15 | 938.00 | 5.58 | | | | | | |
| Abril del 2010 | 21 | 141 | 01/04/2010 | 17.84 | 27.60 | 11.30 | 49.98 | 78.00 | 1.61 | 3.10 | 276.63 | | 934.00 | 5.75 | 36.80 | | 4.86 |
| | | 142 | 02/04/2010 | 18.21 | 26.80 | 11.10 | 45.77 | 68.00 | 2.10 | 2.70 | 274.04 | | 936.00 | 5.78 | | | |
| | | 143 | 03/04/2010 | 17.63 | 25.90 | 11.60 | 52.81 | 78.00 | 2.04 | 3.10 | 274.40 | | 929.00 | 5.49 | | | |
| | | 144 | 04/04/2010 | 17.68 | 24.40 | 10.70 | 61.54 | 79.00 | 2.04 | 3.10 | 271.88 | | 926.00 | 5.16 | | | |
| | | 145 | 05/04/2010 | 16.47 | 23.80 | 10.90 | 65.06 | 80.00 | 2.00 | 4.00 | 266.94 | | 916.00 | 4.78 | | | |
| | | 146 | 06/04/2010 | 17.68 | 25.30 | 11.40 | 59.96 | 80.00 | 2.04 | 3.10 | 266.67 | | 904.00 | 5.12 | | | |
| | | 147 | 07/04/2010 | 17.89 | 24.70 | 11.90 | 65.19 | 82.00 | 2.12 | 3.60 | 253.06 | | 868.00 | 4.72 | | | |
| | 148 | 08/04/2010 | 18.44 | 24.70 | 13.70 | 62.48 | 88.00 | 2.04 | 3.10 | 239.50 | 874.00 | | 4.63 | 31.23 | | | |
| | 149 | 09/04/2010 | 18.03 | 23.90 | 13.00 | 59.63 | 79.00 | 2.07 | 3.10 | 214.29 | 889.00 | | 4.11 | | | | |
| | 150 | 10/04/2010 | 18.85 | 26.40 | 14.10 | 56.46 | 78.00 | 1.96 | 4.50 | 228.67 | 873.00 | | 4.42 | | | | |
| | 151 | 11/04/2010 | 19.47 | 26.80 | 15.70 | 59.94 | 79.00 | 2.10 | 4.00 | 215.60 | 878.00 | | 4.27 | | | | |
| | 152 | 12/04/2010 | 17.69 | 25.20 | 12.10 | 67.21 | 86.00 | 2.04 | 4.50 | 247.83 | 879.00 | | 4.63 | | | | |
| | 153 | 13/04/2010 | 16.74 | 24.50 | 11.80 | 72.38 | 92.00 | 2.01 | 3.10 | 250.88 | 870.00 | 4.51 | | | | | |
| | 154 | 14/04/2010 | 17.69 | 26.90 | 12.60 | 68.19 | 86.00 | 2.00 | 3.10 | 250.63 | 867.00 | 4.66 | | | | | |
| ETo Promedio (mm/día) | | | | 18.13 | 25.01 | 13.18 | 65.96 | 83.36 | 1.97 | 3.81 | 277.19 | 993.95 | 5.16 | | | | |
| ETo Máxima (mm/día) | | | | 20.55 | 28.30 | 17.20 | 83.67 | 94.00 | 2.16 | 12.90 | 432.97 | 1145.00 | 6.80 | | | | |
| ETo Mínima (mm/día) | | | | 16.01 | 18.60 | 8.60 | 42.07 | 59.00 | 1.40 | 2.20 | 67.73 | 246.00 | 3.30 | | | | |
| ETo por campaña (mm/día) | | | | 2792.4 | 3851.6 | 2029.8 | 10157.1 | 12838.0 | 303.1 | 587.1 | 42686.7 | 153068.0 | 794.8 | | | | |

Anexo A6: Evapotranspiración potencial semanal por tres método.

| Número de semanas | Evapotranspiración potencial (ETo) (mm/semanal) | | |
|-------------------|--|---|---|
| | Evapotranspiración potencial por método de pasto (Ray Grass) | Evapotranspiración potencial por método de Tanque evaporación clase "A" | Evapotranspiración potencial por método de estación agroclimática |
| 1 | 43.23 | 41.72 | 44.93 |
| 2 | 43.53 | 43.13 | 43.59 |
| 3 | 40.65 | 39.38 | 42.04 |
| 4 | 39.74 | 37.58 | 41.94 |
| 5 | 40.58 | 38.25 | 43.27 |
| 6 | 37.40 | 33.68 | 37.99 |
| 7 | 38.10 | 34.65 | 40.72 |
| 8 | 38.56 | 36.15 | 38.44 |
| 9 | 36.20 | 32.33 | 36.18 |
| 10 | 37.04 | 32.18 | 33.59 |
| 11 | 37.85 | 34.65 | 36.94 |
| 12 | 34.38 | 32.78 | 36.69 |
| 13 | 33.03 | 29.03 | 32.39 |
| 14 | 27.45 | 24.83 | 27.79 |
| 15 | 27.79 | 24.98 | 27.12 |
| 16 | 31.24 | 28.28 | 32.18 |
| 17 | 30.43 | 27.30 | 32.43 |
| 18 | 30.03 | 27.17 | 32.02 |
| 19 | 29.27 | 26.85 | 31.27 |
| 20 | 33.38 | 30.60 | 35.27 |
| 21 | 35.78 | 31.43 | 36.80 |
| 22 | 29.89 | 26.93 | 31.23 |
| Promedio | 35.25 | 32.45 | 36.13 |
| Máximo | 43.53 | 43.13 | 44.93 |
| Mínimo | 27.45 | 24.83 | 27.12 |
| Total/campaña | 775.52 | 713.81 | 794.82 |

Anexo A7: Resumen de agua consumida por el cultivo de Pimiento

| Fases | semanas | Resultado de volumen de agua en investigación | Volumen de agua utilizado en Irrigación Majes | Volumen de agua consumida | |
|---------------------------|---------|---|---|---------------------------|------------|
| | | | | Investigación | Irrigación |
| Fase I: Inicial | 1 | 199.57 | 164.58 | 618.75 | 405.15 |
| | 2 | 201.37 | 160.00 | | |
| | 3 | 217.81 | 80.57 | | |
| Fase II: Desarrollo | 4 | 239.46 | 114.57 | 1845.99 | 1659.43 |
| | 5 | 278.59 | 242.29 | | |
| | 6 | 297.67 | 207.14 | | |
| | 7 | 322.52 | 213.43 | | |
| | 8 | 337.46 | 414.29 | | |
| | 9 | 370.29 | 467.71 | | |
| Fase III: Media temporada | 10 | 387.66 | 448.57 | 3222.85 | 3900.29 |
| | 11 | 404.70 | 400.57 | | |
| | 12 | 422.18 | 417.71 | | |
| | 13 | 421.79 | 546.29 | | |
| | 14 | 416.36 | 474.86 | | |
| | 15 | 397.55 | 523.43 | | |
| | 16 | 396.01 | 548.86 | | |
| | 17 | 376.60 | 540.00 | | |
| Fase IV: Final | 18 | 360.30 | 540.00 | 1546.38 | 2403.71 |
| | 19 | 334.90 | 488.57 | | |
| | 20 | 299.89 | 486.00 | | |
| | 21 | 289.10 | 551.43 | | |
| | 22 | 262.20 | 337.71 | | |
| Total (m3/campaña) | | 7233.97 | 8368.58 | 7233.97 | 8368.58 |

Anexo A8: Factor de tanque (Kt), para diferentes cubetas y niveles de humedad relativa y viento.

| Tanque clase "A". | | Caso A: tanque situado en una superficie cultivada | | | Caso B: tanque situado en una superficie desnuda | | | |
|----------------------------|--|--|---------------|-----------|--|-----------|---------------|-----------|
| H° R° media | | baja < 40 | media 40 - 70 | alta > 70 | H° R° media | | | |
| Velocidad del viento (m/s) | Distancia del cultivo a barlovento (m) | | | | Distancia del cultivo a barlovento (m) | baja < 40 | media 40 - 70 | alta > 70 |
| Baja < 2 | 1.0 | 0.55 | 0.65 | 0.75 | 1.0 | 0.70 | 0.80 | 0.85 |
| | 10.0 | 0.65 | 0.75 | 0.85 | 10.0 | 0.60 | 0.70 | 0.80 |
| | 100.0 | 0.70 | 0.80 | 0.85 | 100.0 | 0.55 | 0.65 | 0.75 |
| | 1000.0 | 0.75 | 0.85 | 0.85 | 1000.0 | 0.50 | 0.60 | 0.70 |
| Moderada 2 - 5 | 1.0 | 0.50 | 0.60 | 0.65 | 1.0 | 0.65 | 0.75 | 0.80 |
| | 10.0 | 0.60 | 0.70 | 0.75 | 10.0 | 0.55 | 0.65 | 0.70 |
| | 100.0 | 0.65 | 0.75 | 0.80 | 100.0 | 0.50 | 0.60 | 0.65 |
| | 1000.0 | 0.70 | 0.80 | 0.80 | 1000.0 | 0.45 | 0.55 | 0.60 |
| Alta 5- 8 | 1.0 | 0.45 | 0.50 | 0.60 | 1.0 | 0.60 | 0.65 | 0.70 |
| | 10.0 | 0.55 | 0.60 | 0.65 | 10.0 | 0.50 | 0.55 | 0.65 |
| | 100.0 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 100.0 | 0.45 | 0.50 | 0.60 |
| | 1000.0 | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 1000.0 | 0.40 | 0.45 | 0.55 |
| Muy alta > 8 | 1.0 | 0.40 | 0.45 | 0.50 | 1.0 | 0.50 | 0.60 | 0.65 |
| | 10.0 | 0.45 | 0.55 | 0.60 | 10.0 | 0.45 | 0.50 | 0.55 |
| | 100.0 | 0.50 | 0.60 | 0.65 | 100.0 | 0.40 | 0.45 | 0.50 |
| | 1000.0 | 0.55 | 0.60 | 0.65 | 1000.0 | 0.35 | 0.40 | 0.45 |

Anexo A9: Programa de fertilización para Pimiento Morrón.

| Semana | Lunes a Viernes | | | | | Sábado | Domingo |
|-----------|------------------------|-----------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|------------------------|
| | Nitrato de amonio (gr) | urea (gr) | Fosfato mono amónico (gr) | Nitrato de potasio (gr) | Sulfato de magnesio (gr) | Sulfato de zinc (gr) | Nitrato de calcio (gr) |
| 1 | 1.85 | 0.00 | 2.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 1.53 | 0.00 | 3.20 | 0.00 | 3.15 | 2.25 | 4.91 |
| 3 | 2.52 | 0.00 | 3.20 | 0.00 | 4.91 | 0.00 | 7.61 |
| 4 | 3.52 | 0.00 | 3.20 | 0.23 | 5.36 | 2.25 | 8.33 |
| 5 | 3.51 | 0.00 | 3.20 | 5.76 | 5.54 | 0.00 | 8.60 |
| 6 | 3.60 | 0.00 | 2.97 | 5.76 | 5.81 | 2.25 | 9.00 |
| 7 | 4.28 | 0.00 | 2.57 | 6.93 | 6.21 | 0.00 | 9.68 |
| 8 | 4.55 | 0.00 | 2.03 | 6.93 | 6.21 | 2.25 | 9.68 |
| 9 | 4.77 | 0.00 | 1.71 | 8.10 | 6.21 | 0.00 | 9.63 |
| 10 | 5.31 | 0.00 | 1.71 | 8.10 | 5.81 | 2.25 | 9.00 |
| 11 | 5.4 | 0.00 | 1.71 | 8.10 | 5.40 | 0.00 | 8.37 |
| 12 | 5.49 | 0.00 | 1.22 | 8.42 | 5.22 | 0.00 | 8.10 |
| 13 | 5.18 | 0.00 | 1.22 | 9.23 | 4.91 | 0.00 | 7.61 |
| 14 | 0.00 | 2.12 | 1.22 | 9.23 | 4.46 | 0.00 | 6.93 |
| 15 | 0.00 | 1.80 | 1.22 | 9.23 | 4.23 | 0.00 | 6.57 |
| 16 | 0.00 | 1.89 | 0.99 | 9.23 | 4.01 | 0.00 | 6.21 |
| 17 | 0.00 | 1.31 | 0.63 | 9.23 | 3.56 | 0.00 | 5.54 |
| 18 | 0.00 | 1.40 | 0.00 | 10.08 | 3.24 | 0.00 | 5.04 |
| 19 | 0.00 | 0.99 | 0.00 | 10.40 | 3.11 | 0.00 | 4.86 |
| 20 | 0.00 | 0.99 | 0.00 | 10.40 | 3.11 | 0.00 | 4.86 |
| 21 | 0.00 | 0.90 | 0.00 | 10.40 | 0.14 | 0.00 | 0.18 |
| 22 | 0.00 | 0.77 | 0.00 | 10.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Promedio: | 51.51 | 12.17 | 34.75 | 156.16 | 90.60 | 11.25 | 140.71 |

Anexo A10: Compatibilidad de fertilizantes para Pimiento Morrón.

| FERTELIZANTES | Abreviaturas | Urea | Nca | MAP | AF | NK | SMg |
|----------------------|--------------|------|-----|-----|----|----|-----|
| Urea | Urea | | C | C | C | C | C |
| Nitrato de calcio | Nca | C | | NC | NC | C | C |
| Fosfato mono amónico | MAP | C | NC | | C | C | NC |
| Ácido fosfórico | AF | C | NC | C | | C | NC |
| Nitrato de potasio | NK | C | C | C | C | | CL |
| Sulfato de magnesio | SMg | C | NC | NC | NC | CL | |

Anexo A11: Rendimiento obtenido en el Consorcio Perú – Murcia.

| Proveedor | Cosecha Comercial de Pimientos | | | | | | |
|------------------------------|--------------------------------|-------|------|------|----------|------------------|--------------------|
| | Variedad de pimientos | 1° | 2° | 3° | Descarte | Producción tn/ha | Zona de Producción |
| Copemur S.A.C. | Cierzo | 47.82 | 7.86 | 3.93 | 5.9 | 65.5 | Majes |
| Copemur S.A.C. | Cierzo | 35.57 | 5.24 | 3.81 | 2.86 | 47.67 | Majes |
| Copemur S.A.C. | Cierzo | 38.67 | 7.33 | -- | 6.35 | 52.35 | Santa Rita |
| Copemur S.A.C. | Cierzo | 34.79 | 7.91 | -- | 6.76 | 49.46 | Santa Rita |
| Agrícolas Santa María S.A.C. | Mano de Piedra | 46.44 | 1.99 | 6.5 | 8.33 | 63.13 | Santa Rita |
| Agropel S.A.C. | Mano de Piedra | 41.54 | 5.89 | 6.12 | 9.86 | 63.41 | Santa Rita |

Fuente: Consorcio Perú – Murcia S.A.C.

Anexo A12; Análisis físico - químico del suelo.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS

ANÁLISIS DE FERTILIDAD DE SUELOS

NOMBRE : Bach. *Nancy Churasacari Vilca* **PROCEDENCIA** : Irrigación Majes Sigwas-Arequipa
LABORATORIO : Agua y Suelo FCA – UNA **FECHA DE ANALISIS** : 14/12/2011
MOTIVO : Análisis de Fertilidad (Investigación de Pimiento Morrón Cierzo-Lisímetros CRV-AUTODEMA)
EXPEDICION : 10/01/2012

| # ORD | ANÁLISIS MECÁNICO | | | CLASE TEXTURAL | CO ₃ = % | M.O. % | N TOTAL % |
|-------|-------------------|-----------|--------|----------------|---------------------|--------|-----------|
| | ARENA % | ARCILLA % | LIMO % | | | | |
| 01 | 91.43 | 2.50 | 6.07 | Arena | 0.00 | 0.79 | 0.06 |

| # ORD | pH | C.E. mS/cm | C.E. (e) mS/cm | ELEMENTOS DISPONIBLES | | CACIONES CAMBIABLES | | | | | CIC me/100 g | S B % |
|-------|------|------------|----------------|-----------------------|-------|---------------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|--------------|-------|
| | | | | P ppm | K ppm | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Al ³⁺ | | |
| | | | | | | me/100 g suelo | | | | | | |
| 01 | 7.05 | 0.60 | 3.00 | 5.40 | 213 | NC | NC | NC | NC | 0.00 | NC | NC |

ArA = Arcillo arenoso
AF = Arena franca
FArA = Franco arcillo arenoso
CIC= Capacidad de intercambio catiónico
N = Nitrógeno total
K⁺ = Potasio cambiabile
A= Arena
Ca²⁺= Calcio cambiabile
Na⁺= Sodio cambiabile
CO₃⁼ Carbonatos
me = miliequivalente
NC =No Corresponde

FA = Franco arenoso
M.O.=Materia orgánica
P = Fósforo disponible
K = Potasio disponible
C.E. = Conductividad eléctrica
SB = Saturación de bases
Mg²⁺ = Magnesio cambiabile
mS/cm = milisiemens por centímetro
C.E.(e) = Conductividad eléctrica del extracto
Al³⁺ = Aluminio cambiabile

M.Sc. Alberto Herrera Torres
Jefe de Laboratorio de aguas y suelos
UNA – PUNO

Anexo A13; Análisis físico químico de agua para riego

Universidad Nacional del Altiplano - Puno



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



Ciudad Universitaria s/n – Telefax (051) 366080 – Casilla 291 e-mail: fca-una@uedoramail.com

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUA

INFORMACION GENERAL

INTERESADO : Bach. Nancy Churasacari Vilca
 LABORATORIO : Agua y Suelo FCA – UNA.
 LUGAR : Irrigación Majes – Siguas – Arequipa.
 PROCEDENCIA : Centro de Reconversión Agrícola – Autodema.
 FECHA DE ANALISIS : 23/12/2011
 FECHA DE EXPEDICION : 06/03/2012

| AGUA DE CENTRO DE RECONVERSION AGRICOLA | | |
|--|-----------------|----------------------|
| ANALISIS | CANTIDAD | OBSERVACIONES |
| pH | 7.00 | Neutro |
| C.E. | 1.10 mmhos/cm | No salino |
| Dureza <i>total</i> | 126.60 mg/l | Normal |
| Alcalinidad | 87.09 mg/l | Normal |
| Cloruros | 19.86 mg/l | Normal |
| Nitratos | 0.03 mg/l | Normal |
| Sulfatos | 86.00 mg/l | Normal |
| Calcio | 26.08 mg/l | Normal |
| Magnesio | 9.75 mg/l | Normal |
| Sólidos totales | 146.46 mg/l | Normal |
| Sodio | 2.75 mg/l | Normal |
| Potasio | 1.75 mg/l | Normal |
| SAR | 0.18 | Normal |
| Calidad | C1S1 | Buena |

Interpretación: la muestra es de buena calidad para riego sin problemas de salinidad ni peligro de sodio cambiante.



Marcelino Ticona Cruz
 Tec. de Laboratorio de Aguas y Suelos.
 UNA - PUNO

VIII. PANEL FOTOGRAFICO



FOTO N° 01: Instalación del lisímetro en el proceso de construcción



FOTO N° 02: Llenado de tierra para realizar transplante de plántulas de investigación.



FOTO N° 03: Cintas de riego para realizar el armado sistema de riego, para el lisímetro que se va sembrar el pimiento.



FOTO N° 04: El área de investigación instalado el sistema de riego



FOTO N° 05: Tanques de aplicación de agua a los lisímetros de cultivo (tanque de cultivo).



FOTO N° 06: Tanque de drenaje de agua de los lisímetros de cultivo (tanque de cultivo).



FOTO N° 07: Incorporación de Materia Orgánica al suelo del lisímetro para mejorar la capacidad de campo.



FOTO N° 08: Preparación del terreno para la siembra de cultivo pimiento morrón variedad cierzo.



FOTO N° 09: Recojo de muestra, para realizar el análisis de capacidad de campo del suelo en laboratorio.



FOTO N° 10: Las muestras previo pesaje se colocara en la estufa para determinar la capacidad de campo.



FOTO N° 11: El suelo de lisímetro en estufa para realizar su capacidad de campo.

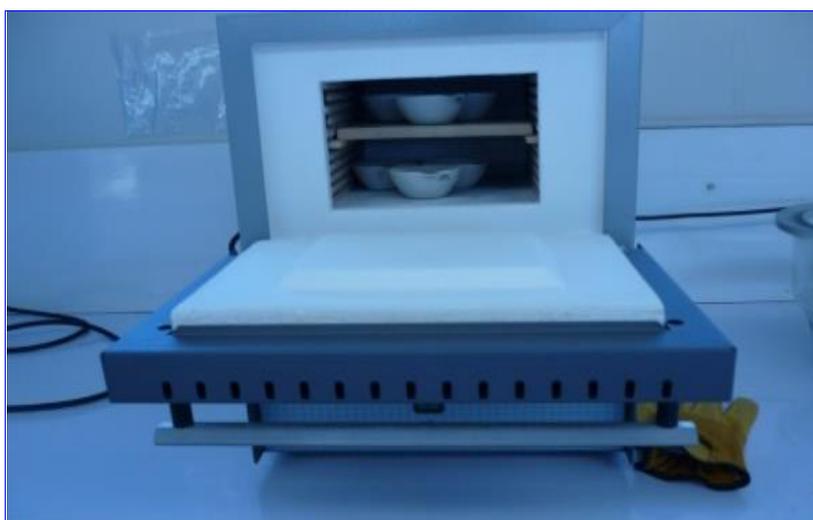


FOTO N°12: Muestra seca después de estar en estufa, se coloca en mufla para evitar incremento de humedad del ambiente.



FOTO N° 13: Lisímetro con pasto ray grass para calcular la evapotranspiración potencial de referencia.



FOTO N° 14: Instalación de cintas de goteo para cultivo de pimiento morrón variedad cierzo.



FOTO N° 15: Instalación y prendimiento de plántulas en los tres lisímetros para determinar el consumo real de agua.



FOTO N° 16: Crecimiento rápido y vigorosas de plantas de pimiento y en pleno consumo de agua.



FOTO N° 17: Desarrollo y inicio de floración del cultivo de pimiento morrón variedad cierzo en lisímetro.

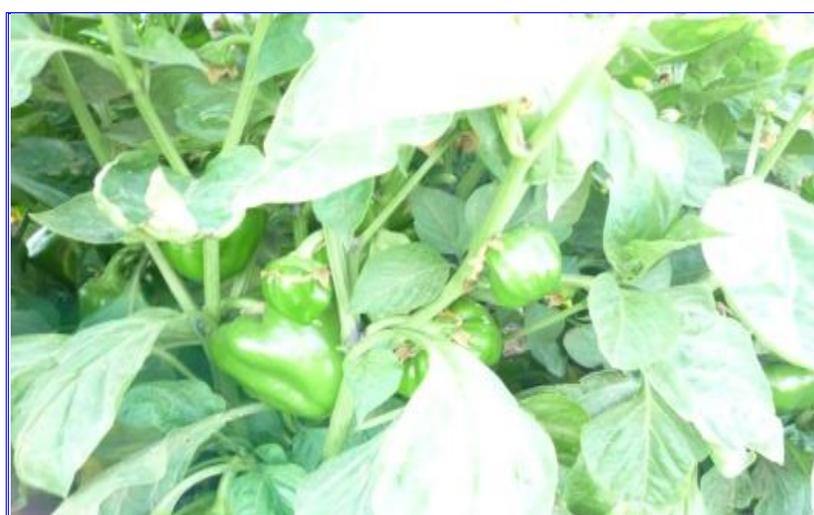


FOTO N° 18: Floración y formación de fruto del cultivo pimiento morrón variedad cierzo en lisímetro.



FOTO N° 19: Cultivo en su etapa de mayor consumo de agua y inicio de fructificación del cultivo pimiento en lisímetro.



FOTO N° 20: Visita del Gerente de General de Autodema de Arequipa, Dr. Ronald Arenas Córdova, para su evaluación del proceso de investigación de los cultivos en lisímetros.



FOTO N° 21: Crecimiento del fruto y en proceso coloración de fruto de pimiento morrón variedad cierzo.



FOTO N° 22: Fruto de pimiento morrón variedad cierto en estado maduración.



FOTO N° 23: El cultivo de pimiento morrón listo para la cosecha.



FOTO N° 24: Cosecha de Fruto de pimiento en lisímetro



FOTO N° 25: Cosecha del pimiento en lisímetro y la calidad de fruto obtenido en la investigación; Irrigación Majes – Arequipa.



FOTO N° 26: Pesado del fruto obtenido en la segunda cosecha en lisímetro.



FOTO N° 27: Pesaje del fruto con balanza y en jabas; en la segunda cosecha.

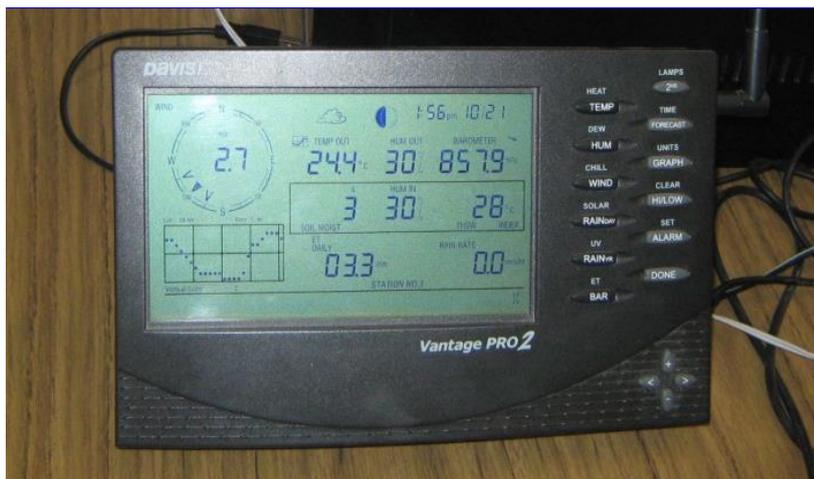


FOTO N° 28: La consola, equipo que recibe los datos de evapotranspiración potencial de la estación agroclimática.



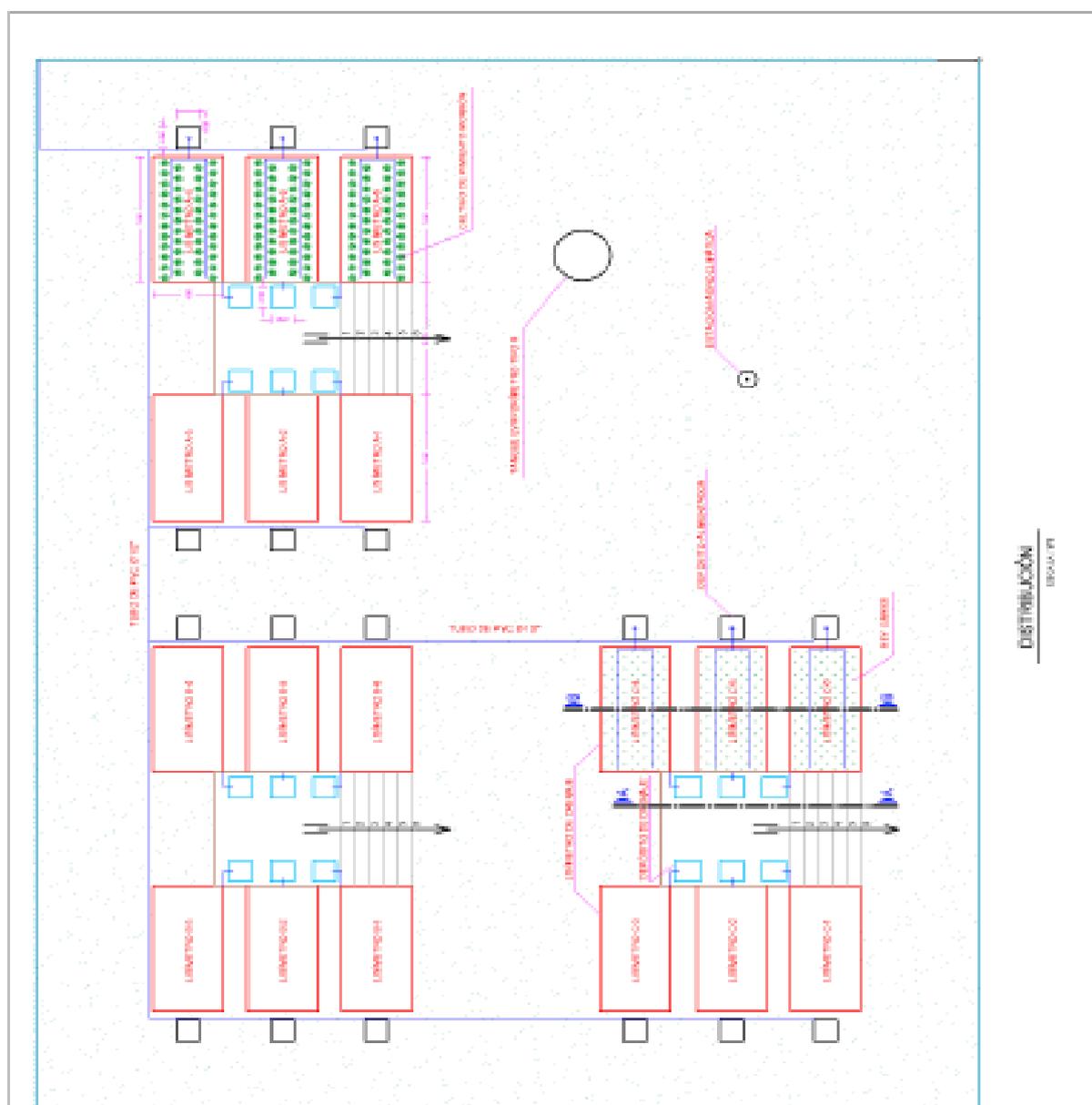
FOTO N° 29: Equipo de estación agroclimática automática.



FOTO N° 30: Área de investigación con los equipos instalados, para realizar la investigación, de evapotranspiración real del cultivo de pimiento morrón variedad cierzo.

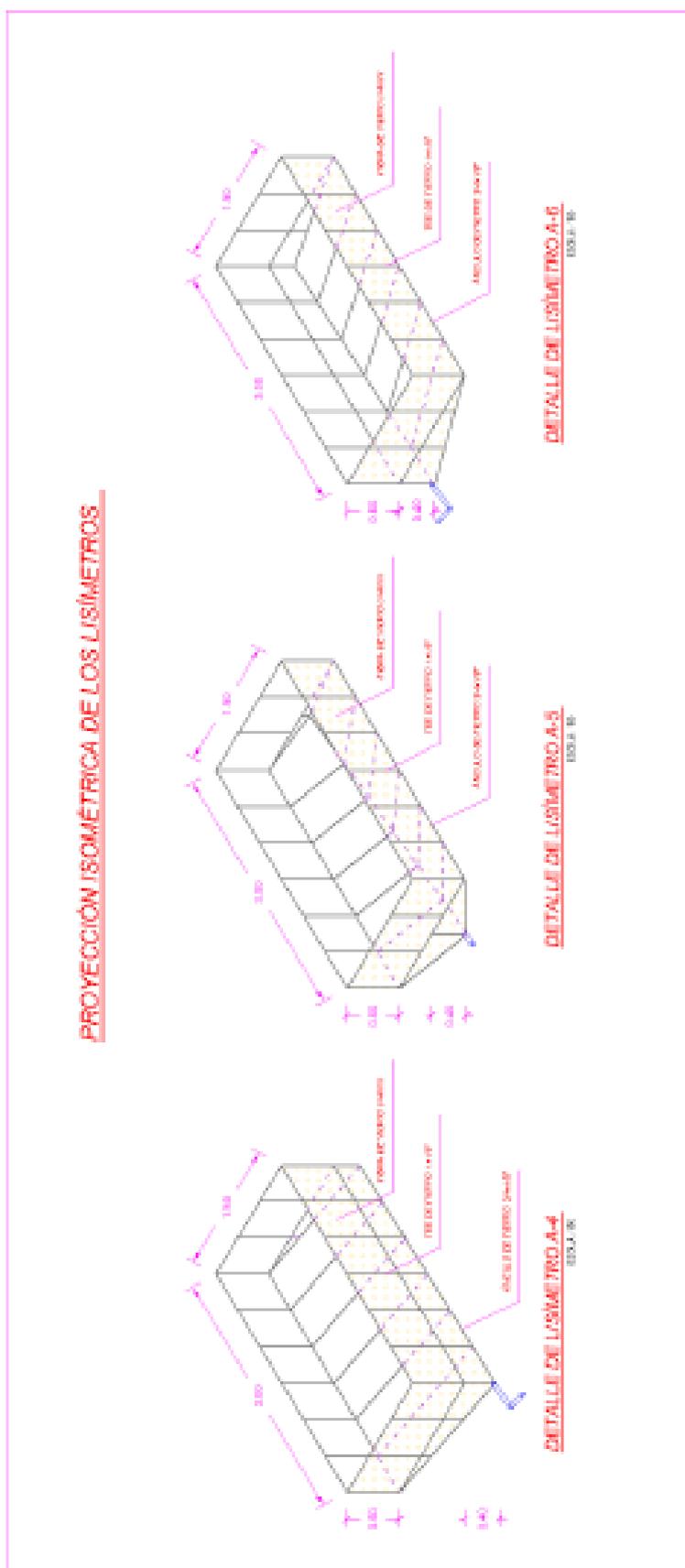
IX. PLANOS DE DISEÑO DE LOS LISIMETROS

Lámina 1 a 4: Detalle de distribución general del lisímetro



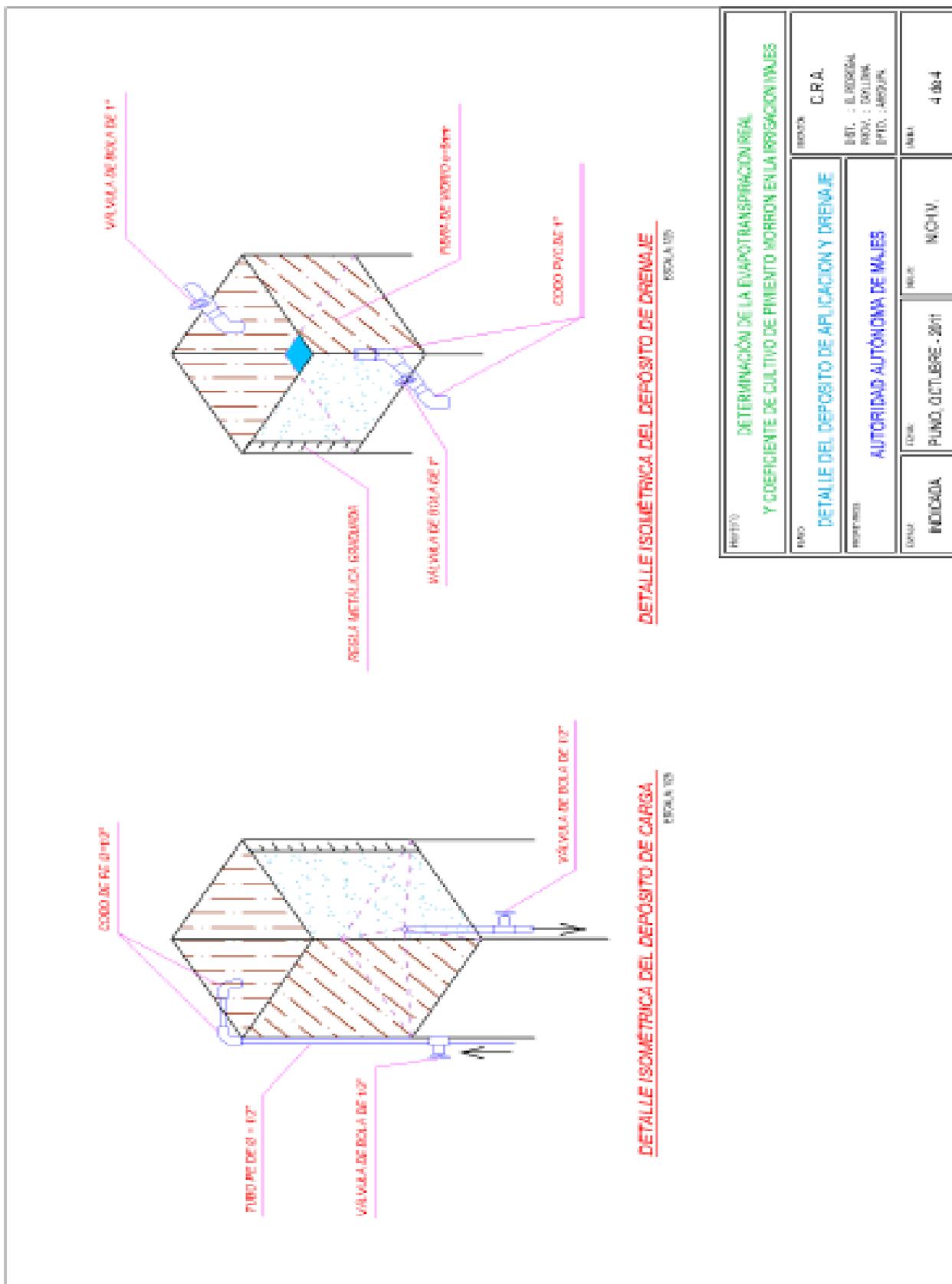
| | |
|--|--|
| UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO | |
| FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA | |
| CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE RIEGO | |
| TÍTULO DE LA TESIS: DISTRIBUCIÓN GENERAL DE LISÍMETROS | |
| AUTOR: ALVARO ALBERTO DE LA CRUZ | |
| FECHA DE ENTREGA: 2014 | |
| FECHA DE DEFENSA: 2014 | |
| FECHA DE APROBACIÓN: 2014 | |
| FECHA DE PUBLICACIÓN: 2014 | |

Lámina 2 a 4: Detalle isométrico de lisímetros



| | | | |
|---|--|--|--|
| INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO Y COORDINATE DE CENTRO DE INVESTIGACIONES Y PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO | | INSTITUCIÓN: CUBA INSTITUCIÓN: INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS | |
| TÍTULO: DETALLES ISOMÉTRICOS DE LOS LISÍMETROS | | AUTOR: INCHICHA | |
| FECHA: 15 DE OCTUBRE DE 2011 | | INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO | |
| INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO | | INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO | |

Lámina 4 de 4: Detalle isométricos del depósito de aplicación y drenaje.



| | | | |
|---|--|--|--|
| TÍTULO DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACION REAL Y COEFICIENTE DE CULTIVO DE PIMIENTO MORRON EN LA IRRIGACION MAJES | | INSTITUCION C.I.A. | |
| AUTOR DETALLE DEL DEPÓSITO DE APLICACION Y DRENAJE | | AUTOR ING. : E. ROSALBA PROF. : DELFINA IPTD. : JARQUIN | |
| INSTITUCION AUTORIDAD AUTÓNOMA DE MAJES | | INSTITUCION PUNO, OCTUBRE - 2011 | |
| FECHA 10/04/2014 | | FECHA NIC-IV | |